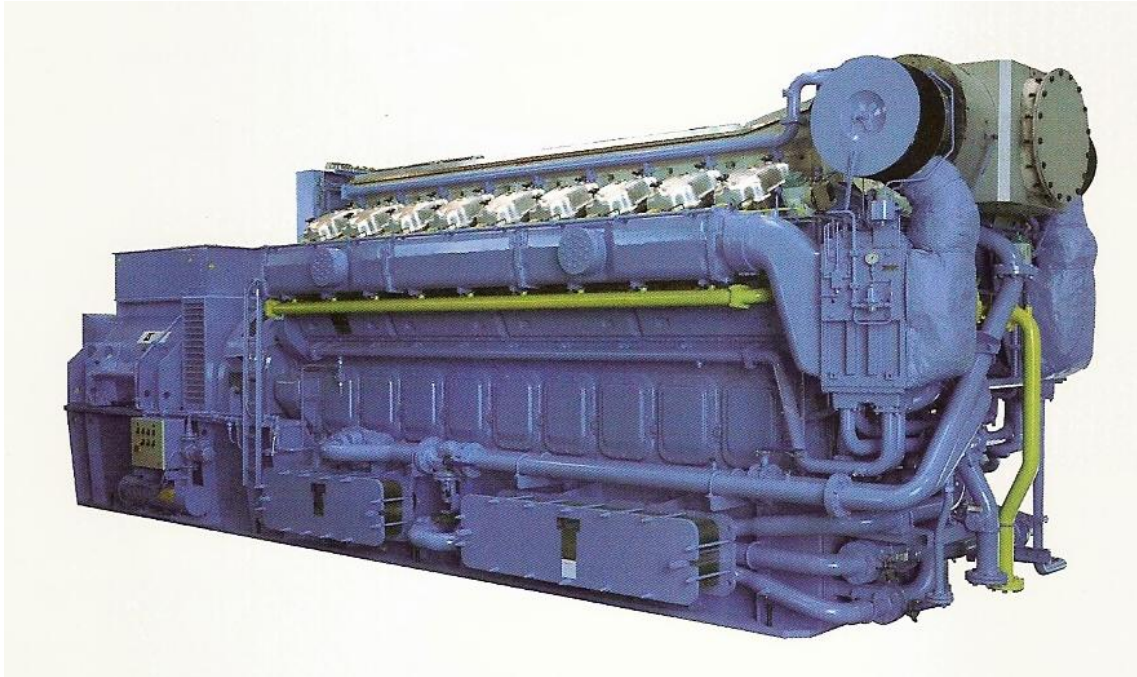


MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE GAS NATURAL ROLLS-ROYCE KVG-18G4



**INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL ESPECIALIDAD EN PROPULSIÓN Y
SERVICIOS DEL BUQUE**

Óscar García Ginés

Director: Ramón Grau Mur

Facultad de Náutica de Barcelona

Enero 2011

A Carmen, por su cariño, amistad y amor. Eres la luz que guía mi camino.

A mis hijos Ariadna, Esther y Ferran, es imposible describir con palabras todo lo que me estáis dando.

Os quiero.

Gracias a Josep Barberà, excoordinador en Rolls-Royce Marine España, por creer siempre en mí. Fuiste y sigues siendo un gran apoyo profesional, gracias por todo lo que me has enseñado y por la paciencia en los momentos duros de trabajo. Ojalá el mundo estuviera lleno de profesionales como tú.

Gracias a Gorka Castro y a José Ibarra, técnicos en Rolls-Royce Marine España, por todas las dudas que me habéis resuelto, por vuestra grata compañía y saber estar durante las jornadas de trabajo lejos de casa.

Gracias a Álex Hijano, jefe de mantenimiento en Bunge, por permitirme realizar el Proyecto Final de Carrera sobre los motores instalados en su empresa.

Gracias a Ramón Grau, profesor de la Facultad de Náutica de Barcelona y director de este proyecto, por la paciencia que ha tenido conmigo y su inestimable ayuda.

ÍNDICE

1.	Introducción.	1
2.	Descripción de la instalación.	3
3.	Características de los motores.	7
3.1.	Ficha técnica de los motores.	7
3.2.	Elementos característicos de los motores.	11
3.2.1.	Cigüeñal.	11
3.2.2.	Culatas.	12
3.2.3.	Camisas.	14
3.2.4.	Pistones y Bielas.	15
3.2.5.	Amortiguador de vibraciones o dámper.	16
3.2.6.	Turbocompresores de gases de escape.	17
3.3.	Funcionamiento de los motores.	18
3.3.1.	Principios de operación de mezcla pobre.	18
3.3.2.	Sistema de aire de arranque.	19
3.3.3.	Sistema de aire de carga.	21
3.3.4.	Sistema de lubricación.	22
3.3.5.	Sistemas de agua de refrigeración.	23
3.3.5.1.	Sistema de agua de refrigeración de alta temperatura.	23
3.3.5.2.	Sistema de agua de refrigeración de baja temperatura.	25
3.3.6.	Sistema de control.	26
3.3.6.1.	Actuador woodward 723.	27
3.3.6.2.	Módulo PLC S7-300	27
3.3.6.3.	Módulo de encendido CPU95.	27
3.3.6.4.	Sensor de vibraciones.	27
3.3.6.5.	Detector de niebla en cárter.	27
3.3.7.	Alarmas.	28
3.3.7.1.	Grupo 1. Paro de emergencia.	28
3.3.7.2.	Grupo 2. Paro rápido.	28
3.3.7.3.	Grupo 3. Paro normal.	29
3.3.7.4.	Grupo 4. Reducción opcional (>30%).	29
3.3.7.5.	Grupo 5. Reducción 30%.	29
3.3.7.6.	Grupo 6. Reducción 15%.	30
3.3.7.7.	Grupo 7. Bloqueo de arranque.	30
4.	Plan de mantenimiento actual.	31
4.1.	Trabajos semanales.	31
4.2.	Revisión 500 horas.	34
4.3.	Revisión 1.000 horas.	34
4.4.	Revisión 3.000 horas.	35
4.5.	Revisión 6.000 horas.	37
4.6.	Revisión 12.500 horas.	39
4.7.	Revisión 25.000 horas.	42

4.8.	Revisión 50.000 horas.	45
4.9.	Cuadro de revisiones.	48
5.	Mejoras al plan de mantenimiento actual.	51
5.1.	Trabajos semanales.	55
5.2.	Revisión 500 horas.	60
5.3.	Revisión 1.000 horas.	60
5.4.	Revisión 2.500 horas.	61
5.5.	Revisión 5.000 horas.	63
5.6.	Revisión 10.000 horas.	65
5.7.	Revisión 20.000 horas.	68
5.8.	Revisión 30.000 horas.	71
5.9.	Revisión 40.000 horas.	74
5.10.	Revisión 60.000 horas.	77
5.11.	Mantenimiento predictivo.	80
5.11.1.	Inspecciones visuales.	80
5.11.2.	Análisis de aceite de lubricación.	80
5.11.3.	Análisis de agua de refrigeración de alta temperatura.	80
5.11.4.	Análisis de vibraciones.	81
5.11.5.	Análisis de los fallos correctivos.	81
5.11.6.	Análisis termográficos.	81
5.11.7.	Toma de holguras.	81
5.12.	Cuadro de revisiones mejorado.	83
5.13.	Observaciones.	85
6.	Conclusiones.	87
7.	Bibliografía.	89

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este proyecto es mejorar el plan de mantenimiento de motores de combustión interna de gas natural Rolls-Royce KVGS-18G4 vigente.

En la actualidad se utiliza un plan de mantenimiento basado en la experiencia en motores marinos. Debido a las diferencias existentes entre un motor marino (motor diesel) y un motor para la cogeneración (gas natural), he creído necesario realizar un nuevo plan de mantenimiento acorde a un motor que combustiona una mezcla de aire y gas natural.

Este estudio es el resultado de la experiencia que he adquirido a lo largo de mi vida laboral en el mundo de la cogeneración (turbinas de gas, turbinas de vapor y motores de combustión interna).

Después de tres años de continuos estudios sobre los motores Rolls-Royce modelo KVGR-18G4 instalados en BUNGE, COGENERACIÓN MOYRESA, en el puerto de Barcelona, puedo asegurar que con el plan de mantenimiento que propongo el ahorro económico por parte de la empresa Rolls-Royce Marine España y de BUNGE, en comparación con los preventivos actuales, será muy alto, puesto que se ajustan los tiempos de cambios de piezas al máximo y se hace hincapié en los trabajos predictivos.

Básicamente, lo que se busca es: una limpieza extrema de los motores que facilite la localización rápida de las averías (fugas de gas, de aceite y agua...); unos predictivos continuos (toma de vibraciones, muestras de aceite y de agua, holguras de las bombas de agua y de aceite...); unos buenos correctivos, cuando se produzcan, para asegurar una buena disponibilidad de los motores, y un ajuste de los preventivos.

2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación de Cogeneración, MILLENIUM BARCELONA, se dedica a la producción de electricidad y calor para su venta a la fábrica MOYRESA. Está situada en el Muelle Oeste, s/n de Barcelona.

La planta de cogeneración está compuesta por tres motores de combustión interna de gas natural marca ROLLS-ROYCE modelo KVGs-18G4, de 3.365 KW cada uno, y una caldera de vapor marca VALTEC-UMISA, con una capacidad de 9 t/h de vapor saturado.

A continuación se describe de un modo general el funcionamiento de la totalidad de la planta, las características y el proveedor de cada equipo.

La energía de los gases de escape de los motores se empleará en la producción de vapor saturado a 10 kg/cm^2 de presión, en una caldera de recuperación.

Por otro lado, la energía de los circuitos de refrigeración de alta temperatura de los motores se aprovechará para calentar el aire de secado en una climatizadora de 1.500.000 Kcal/h.

En aquellos períodos de tiempo en que la energía de refrigeración de los circuitos de alta temperatura de los motores no pueda ser disipada mediante la recuperación térmica, el enfriamiento se llevará a cabo en un sistema de aerorrefrigeradores instalado al efecto. Estos aerorrefrigeradores estarán dimensionados para disipar la totalidad de la energía de alta temperatura de los motores.

La energía de refrigeración de los circuitos de baja temperatura de los motores se disipará en un sistema de aerorrefrigeradores. Estos aerorrefrigeradores estarán dimensionados para disipar la totalidad de la energía de baja temperatura de los motores.

La interconexión eléctrica permitirá el funcionamiento de la planta de cogeneración en paralelo con la red de la compañía eléctrica, que suministra energía eléctrica mediante línea aérea de 30KV, pudiéndose en cada momento exportar o importar, el exceso o el defecto, respectivamente, de la energía generada por la planta de cogeneración con la relación a la consumida por las instalaciones de MOYRESA.

Los elementos básicos de la instalación de cogeneración son: motores, caldera de recuperación, compresores de aire comprimido y aerorrefrigeradores. Existen además, los aprovechamientos de calor con los elementos citados.

La planta dispone además de las instalaciones complementarias para aceite nuevo y usado, distribución de gas natural, ventilación y climatización, así como la correspondiente detección de gas y de incendios.

El conjunto de la planta de cogeneración y sus auxiliares funciona de forma automática y autónoma, y existe un sistema de control automatizado mediante un PLC, con una

pantalla táctil de visualización y control de los diversos lazos de control del proceso y las alarmas y sus correspondientes programas.

La planta dispone del correspondiente sistema de captación y monitorización de datos (SCADA), tanto de los motores como de sus instalaciones auxiliares, implementado en su PC.

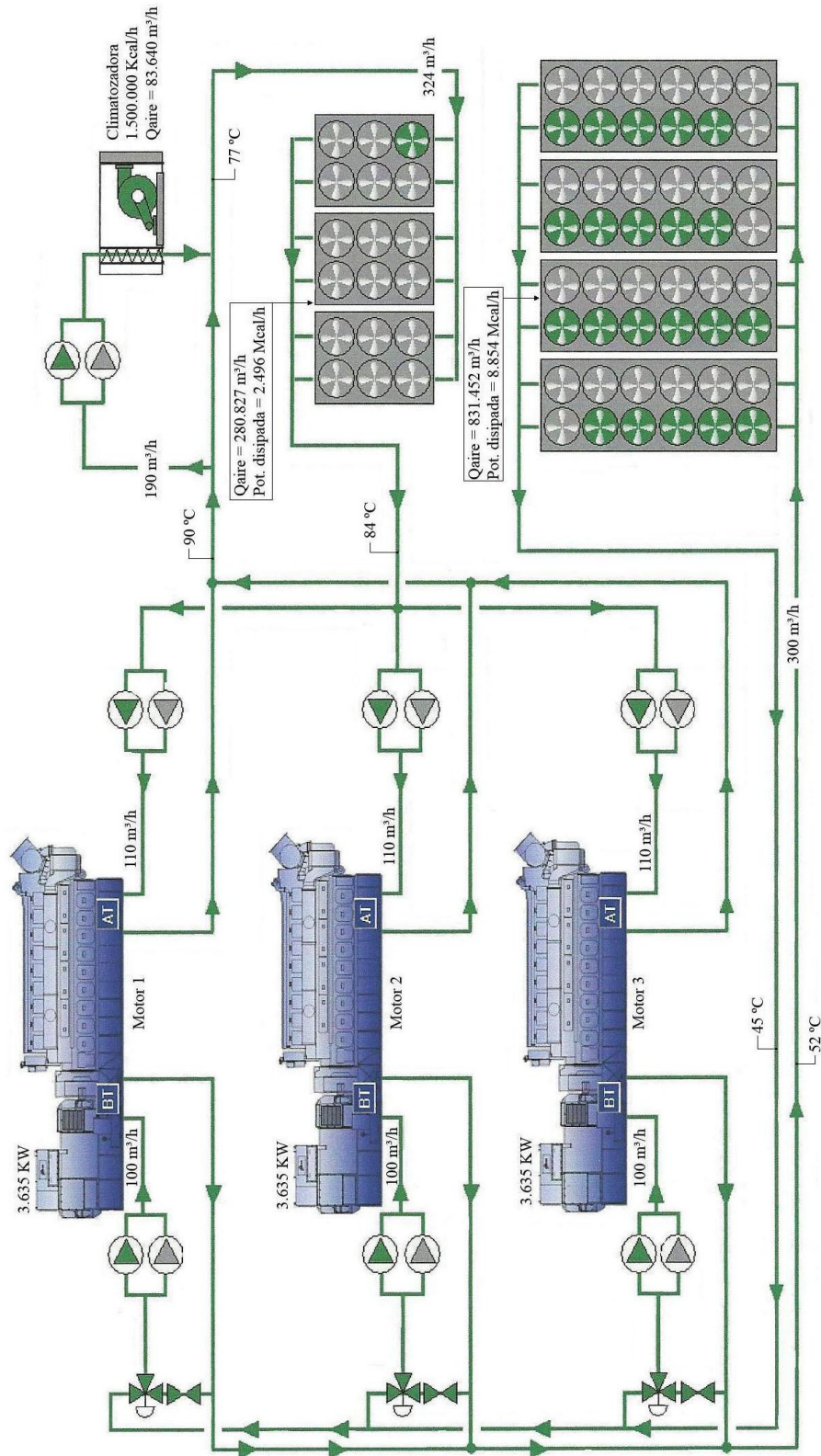


Diagrama de proceso de la refrigeración del agua para el calentamiento del aire de secado

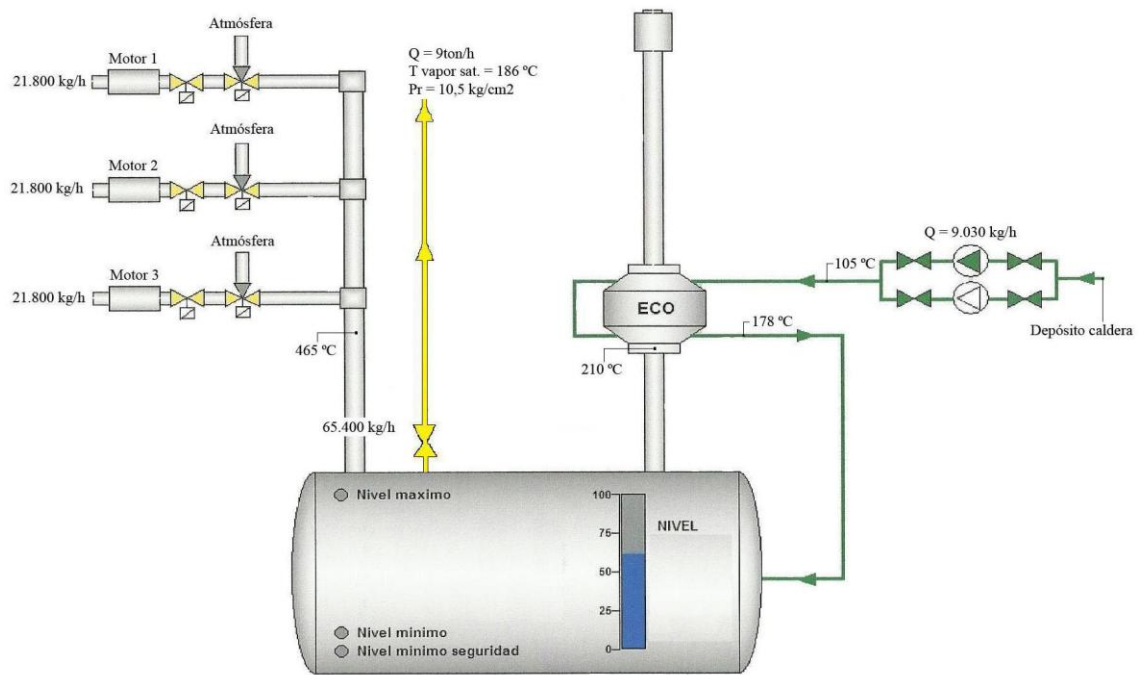


Diagrama de proceso de los gases de escape para producción de vapor saturado.

3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES

3.1. Ficha técnica de los motores

Datos constructivos:

Modo de trabajo:	Motor de combustión interna de 4 tiempos.
Sentido de giro (desde alternador):	Horario.
Disposición de cilindros:	V-50°
Nº de cilindros:	18
Diámetro:	250 mm
Carrera:	300 mm
Cilindrada unitaria:	14,7 dm ³
Cilindrada total:	264,6 dm ³
Relación de compresión:	1:11,7
Aceite de lubricación:	Texaco PX40

Condiciones normales de referencia:

Presión de aire:	1 bar
Temperatura del aire:	25 °C
Humedad relativa del aire:	30 %
Altitud máxima sobre el nivel del mar:	100 m

Datos de funcionamiento:

Velocidad del motor:	1.000 rpm
Ángulo de preencendido:	11°
Velocidad media del émbolo:	10 m/s
Presión aceite lubricante:	4-5 bar
Presión agua refrigeración:	2,5-3,1 bar
Consumo de aceite específico:	0,6 g/KWh
Consumo aceite:	1,9 l/h
Temperatura gases de escape:	465 °C
Máxima contrapresión gases de escape:	400 mmca

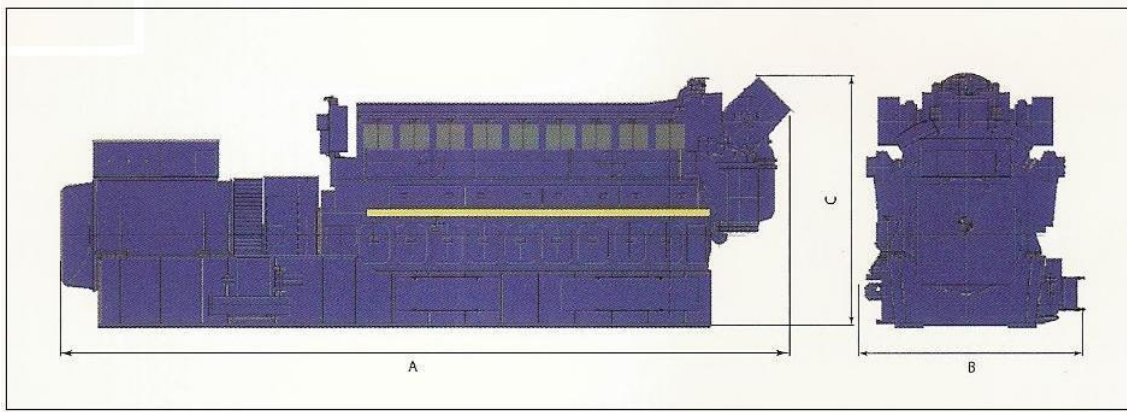
Peso y dimensiones:

Peso del motor-generador en seco:	54.000 kg
Capacidad de aceite en el cárter:	3320/2.650 litros
Longitud (A):	8.960 mm
Anchura (B):	2.880 mm
Altura (C):	3.310 mm

Localización de las bancadas: la bancada del lado A corresponde al lado izquierdo del motor (mirando desde el lado de las bombas), mientras que la bancada del lado B corresponde al lado derecho. La culata número 1 (lado A y B) corresponde a la primera culata mirando desde el lado de las bombas, mientras que la culata 9 (lado A y B) corresponde a la culata que está junto al volante de inercia o la más alejada de las bombas.

Orden de encendido de los cilindros:

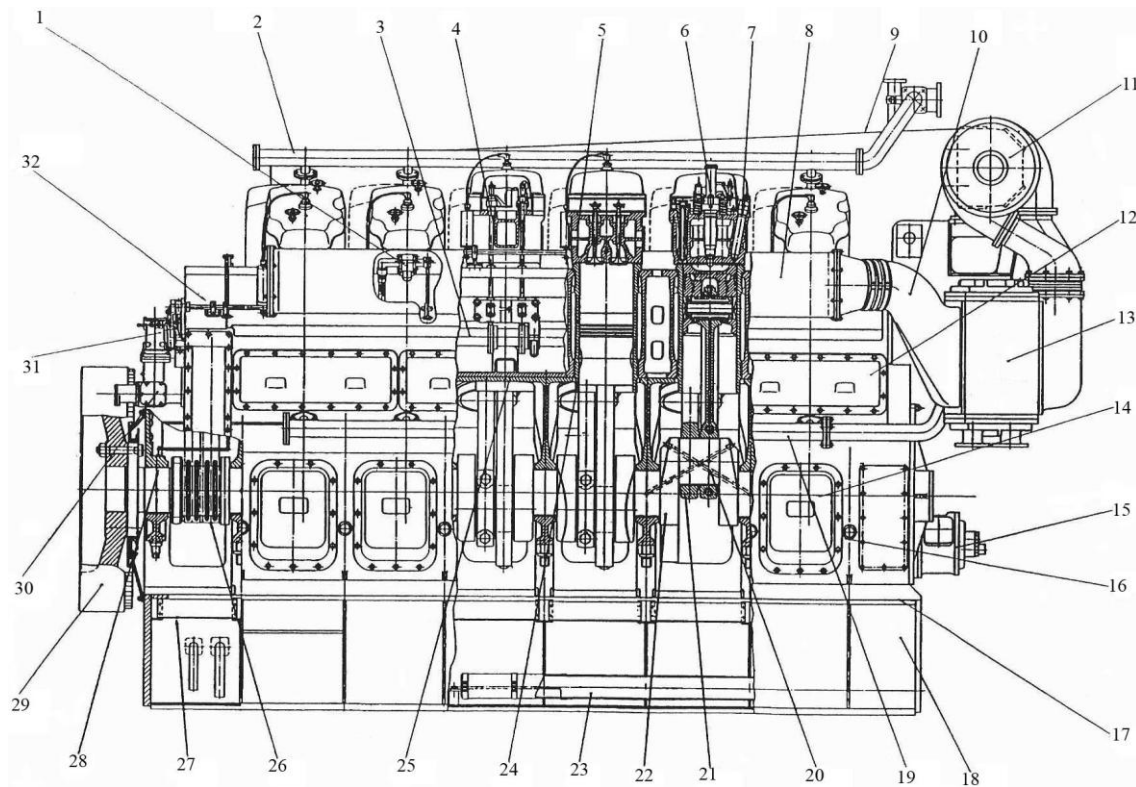
A1-B2-A7-B8-A5-B4-A3-B1-A9-B7-A6-B5-A2-B3-A8-B9-A4-B6



Otros datos:

Potencia eléctrica ($\cos \phi=0,8$):	3635 KW
Potencia mecánica:	3750 KW
Rendimiento eléctrico:	43,5%
PC gas natural:	36 MJ/Mn ³
Consumo energético:	8020 KJ/KWh
Consumo gas:	8350 KW
Emisiones NOx:	500 mg/nm ³
Emisiones CO:	900 mg/nm ³
Emisiones NMHC:	225 mg/nm ³

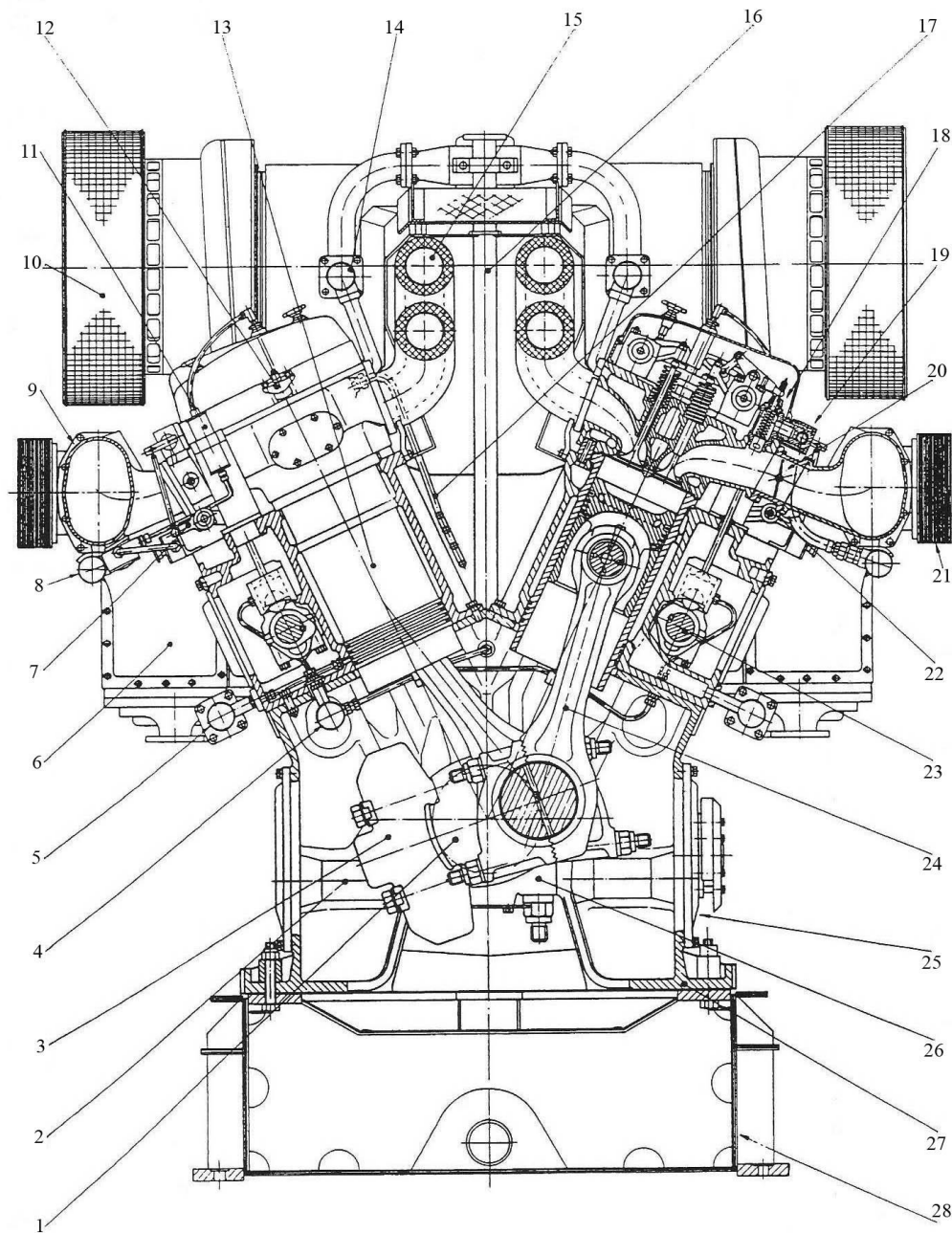
Sección longitudinal del motor:



Nº	Descripción
1	Válvula de control de gas
2	Salida de agua de refrigeración
3	Árbol de levas
4	Varilla de empuje
5	Culata
6	Cuerpo de precámara
7	Válvula de descompresión
8	Colector aire de sobrealimentación
9	Cubierta de la tubería de escape
10	Codo aire de sobrealimentación
11	Turbo compresores
12	Tapa alojamiento árbol de levas
13	Enfriador aire sobrealimentación
14	Tapa de inspección, cigüeñal
15	Bomba de aceite de lubricación
16	Perno transversal

Nº	Descripción
17	Bastidor
18	Bancada del motor
19	Entrada de agua de alimentación
20	Orificios del cigüeñal
21	Pistón y biela
22	Cigüeñal
23	Aspiración aceite de lubricación
24	Camisa
25	Bloque de cilindros
26	Cadena, accionamiento de levas
27	Rejilla del cárter
28	Cojinete de volante
29	Volante
30	Accionamiento del regulador
31	Actuador
32	Eje de control

Sección transversal del motor:



Nº	Descripción
1	Cigüeñal
2	Tornillo transversal
3	Contrapeso
4	Tubería de distribución principal
5	Distribuidor agua de refrigeración
6	Refrigeración del aire de admisión
7	Brazo de control
8	Tubería suministro de gas
9	Receptor aire sobrealimentación
10	Turbo soplante
11	Bobina
12	Válvula de descompresión
13	Camisa
14	Colector de agua de refrigeración

Nº	Descripción
15	Colector de escape
16	Ventilación del bloque del motor
17	Tubo distribuidor aire de arranque
18	Suministro de gas
19	Válvula de control de gas
20	Válvula de control de aire
21	Válvula de seguridad
22	Eje de control
23	Árbol de levas
24	Biela
25	Ventana del bloque
26	Casquete del cojinete principal
27	Bloque del motor
28	Cárter

3.2. Elementos característicos de los motores

A continuación, se describen los elementos más representativos de los motores, como son: el cigüeñal, las culatas, las camisas, los pistones, las bielas, el amortiguador de vibraciones o dámper y los turbocompresores de gases de escape.

3.2.1. Cigüeñal

El cigüeñal está fabricado en acero endurecido por laminación en frío forjado en una pieza.

El aceite lubricante se transporta desde los cojinetes principales a los cojinetes del extremo grande a través de los orificios taladrados en el cigüeñal.

Los brazos del cigüeñal en la muñequilla del tercer cojinete principal procedente del extremo del volante están provistos de cojinetes de empuje para tomar las cargas de empuje del cigüeñal.

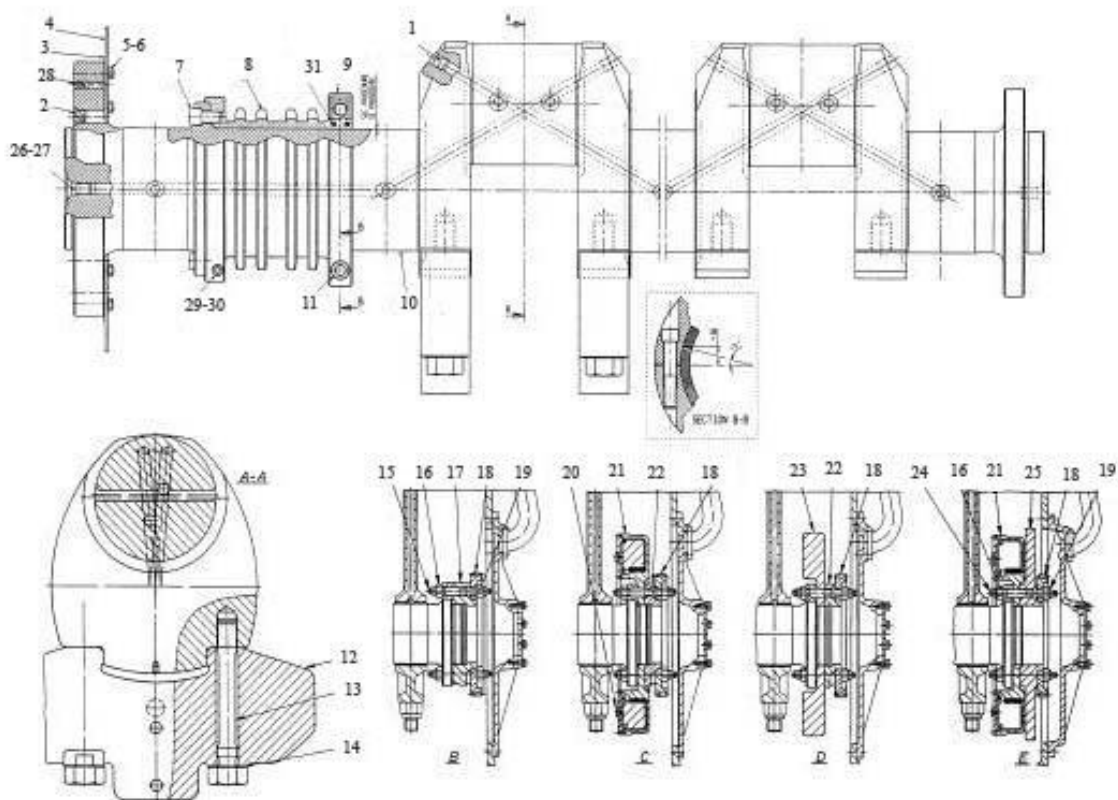
Para equilibrar las fuerzas de masa, el cigüeñal se equipa con contrapesos. Éstos se añaden a los brazos del cigüeñal mediante tornillos.

Flexiones del cigüeñal:

Máxima flexión vertical: +0,05/-0,10
Máxima flexión horizontal: +0,05/-0,05

Para el brazo próximo al volante:

Máxima flexión vertical: +0,05/-0,15
Máxima flexión horizontal: +0,05/-0,05



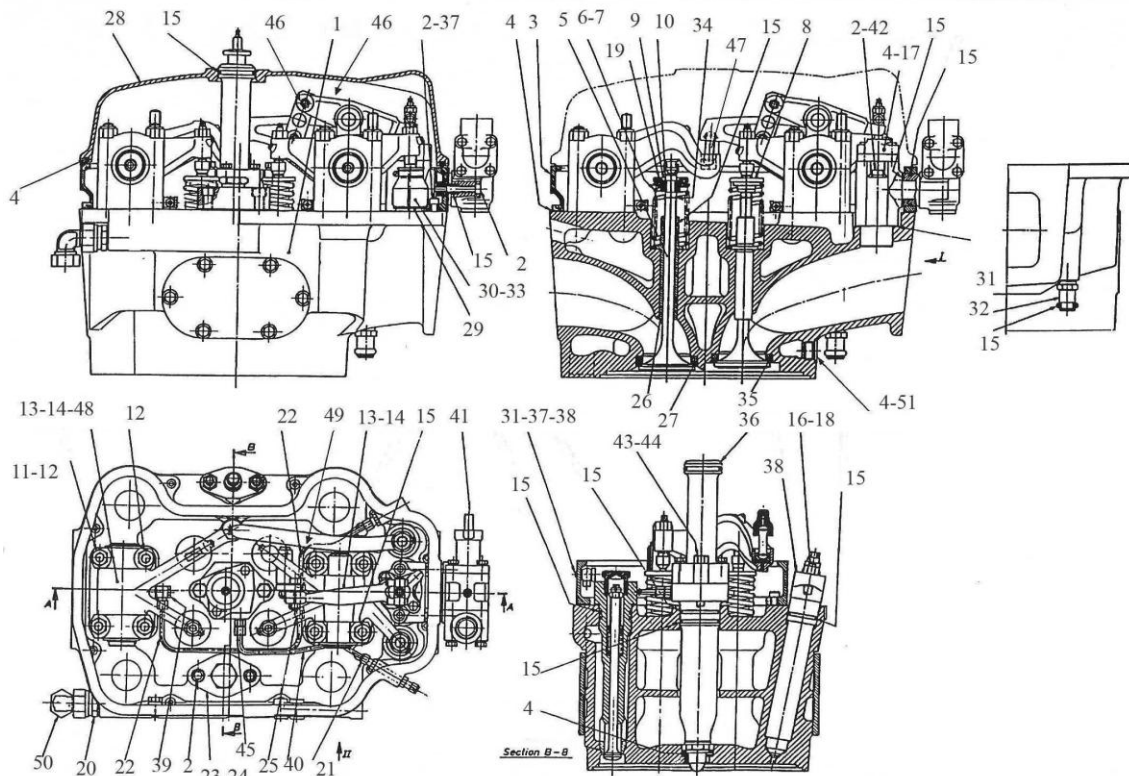
Nº	Descripción
1	Tapón, orificio ciego
2	Tapón de cierre
3	Junta
4	Anillo rociador de aceite
5	Tornillo
6	Arandela elástica
7	Tornillo del cilindro
8	Rueda de cadena
9	Anillo abrazadera
10	Cigüeñal
11	Tornillo del cilindro
12	Contrapeso
13	Perno
14	Arandela de seguridad
15	Perno
16	Tuerca autoretención

Nº	Descripción
17	Extensión del cubo del engranaje
18	Engranaje
19	Tuerca autoretención
20	Tapón, amortiguador vibraciones
21	Amortiguador vib. torsionales
22	Extensión del cubo del engranaje
23	Masa rotatoria
24	Perno
25	Masa rotatoria
26	Junta tórica
27	Tapón
28	Tapón de cierre
29	Tornillo del cilindro
30	Manguito de guía
31	Perno de guía

3.2.2. Culatas

Las culatas son sustituibles individualmente y refrigeradas por agua. Están fabricadas en fundición de hierro y equipada con cuatro válvulas iguales, dos de admisión y dos de escape, dotadas de unos dispositivos de giro de válvula (rotocaps). Los asientos de las válvulas son de dimensiones diferentes, y están montados en la culata por inserción de frío.

Las culatas están provistas de una válvula de aire de arranque (para la bancada B) o un tapón obturador (para la bancada A), una válvula de descompresión o indicadora, una válvula de control de gas, una válvula de suministro de gas y un cuerpo de precámara.



Nº	Descripción
1	Culata
2	Tornillo Allen
3	Bastidor sellado
4	Junta
5	Vástago válvulas entrada/escape
6	Muelle externo válvulas
7	Muelle interno válvulas
8	Válvula de entrada
9	Anillo de retención
10	Bloqueo del muelle cónico
11	Perno del soporte del balancín
12	Tuerca autoretención
13	Soporte de balancín
14	Perno de guía
15	Junta tórica
16	Tuerca hexagonal
17	Válvula de suministro de gas
18	Perno
19	Rotator de la válvula
20	Tapón
21	Acoplamiento pieza de obturación
22	Tubo de lubricación
23	Válvula de aire de arranque
24	Tapón obturador
25	Té equilátera

Nº	Descripción
26	Guía de la válvula de escape
27	Asiento de la válvula de escape
28	Tapa de balancines
29	Camisa interior
30	Camisa exterior
31	Junta de cobre
32	Boquilla de drenaje de aceite
33	Abrazadera
34	Anillo retención vástago válvula
35	Asiento de la válvula de admisión
36	Soporte de la boquilla
37	Resorte
38	Válvula de seguridad
39	Acoplamiento acodado
40	Tubo de gas
41	Válvula de control de gas
42	Arandela de presión
43	Tornillo hexagonal
44	Casquillo
45	Perno con orificio
46	Pieza de unión
47	Tornillo de impacto
48	Balancín
49	Brazo de transmisión
50	Acoplamiento para tobera (macho)

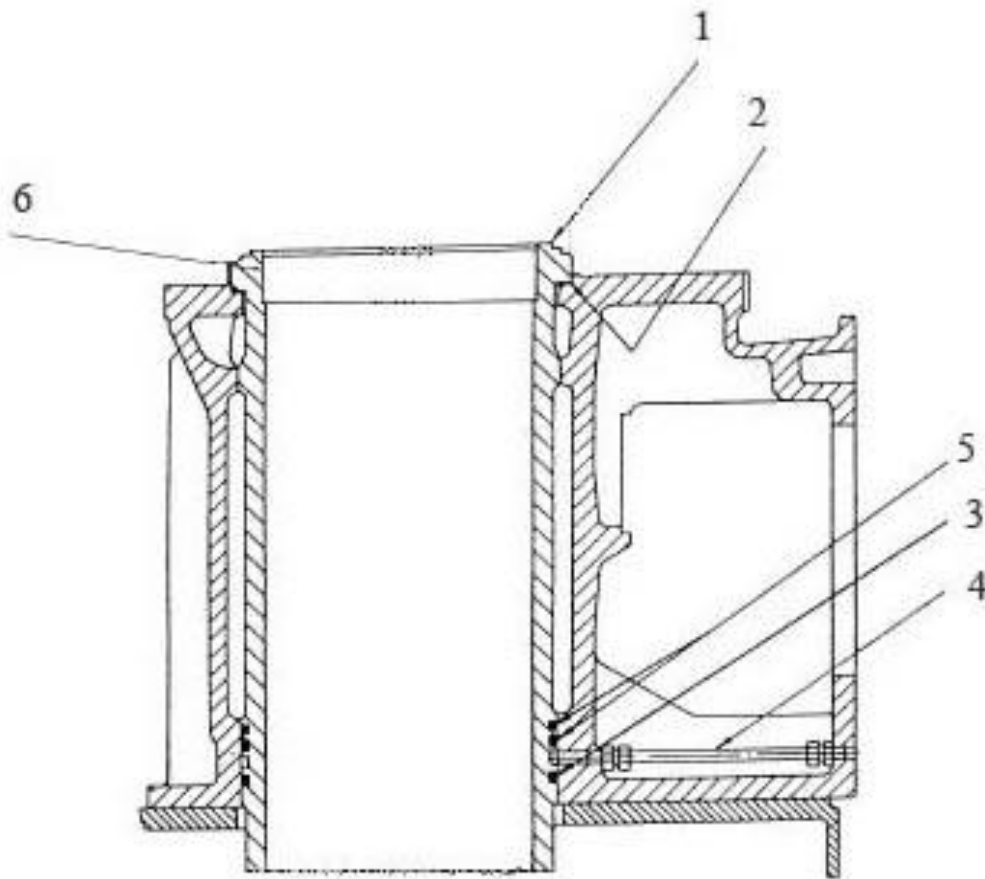
3.2.3. Camisas

La camisa está fabricada en hierro forjado especial, que está exactamente ajustado al material de los anillos del pistón.

Una junta de acero ligero con una capa de cobre, sirve de cierre entre la parte superior de la camisa y el bloque. El grosor de la junta se ajusta para obtener la distancia correcta entre la parte superior del pistón y la culata (cámara de combustión).

La junta de agua inferior es sellada por tres juntas tóricas. Entre las dos juntas tóricas inferiores, la camisa tiene una ranura anular que se conecta al exterior del bloque, por medio de un orificio de desagüe (chivato de la camisa).

La parte de la camisa que alberga la cámara de combustión está reforzada mediante un anillo de camisa o antipolishing con el objetivo de alargar la vida de la camisa.



Nº	Descripción
1	Camisa
2	Junta acero rebajada con capa cobre
3	Juntas tóricas

Nº	Descripción
4	Tubería de desagüe
5	Junta tórica
6	Antipolishing o anillo de camisa

3.2.4. Pistones y Bielas

Debido al diámetro relativamente grande de la biela, tiene un cojinete de cabeza abierto diagonalmente. Las caras de unión están serradas, lo que da una dirección radial de la tapa del cojinete hacia la biela. Para conseguir un máximo de estabilidad, la sección es de perfil en I.

Los casquillos de los cojinetes de cabeza son de acero forrado con material resistente, se incluye también una sobrecapa de metal blando. El cojinete del bulón está hecho de acero con una capa de bronce.

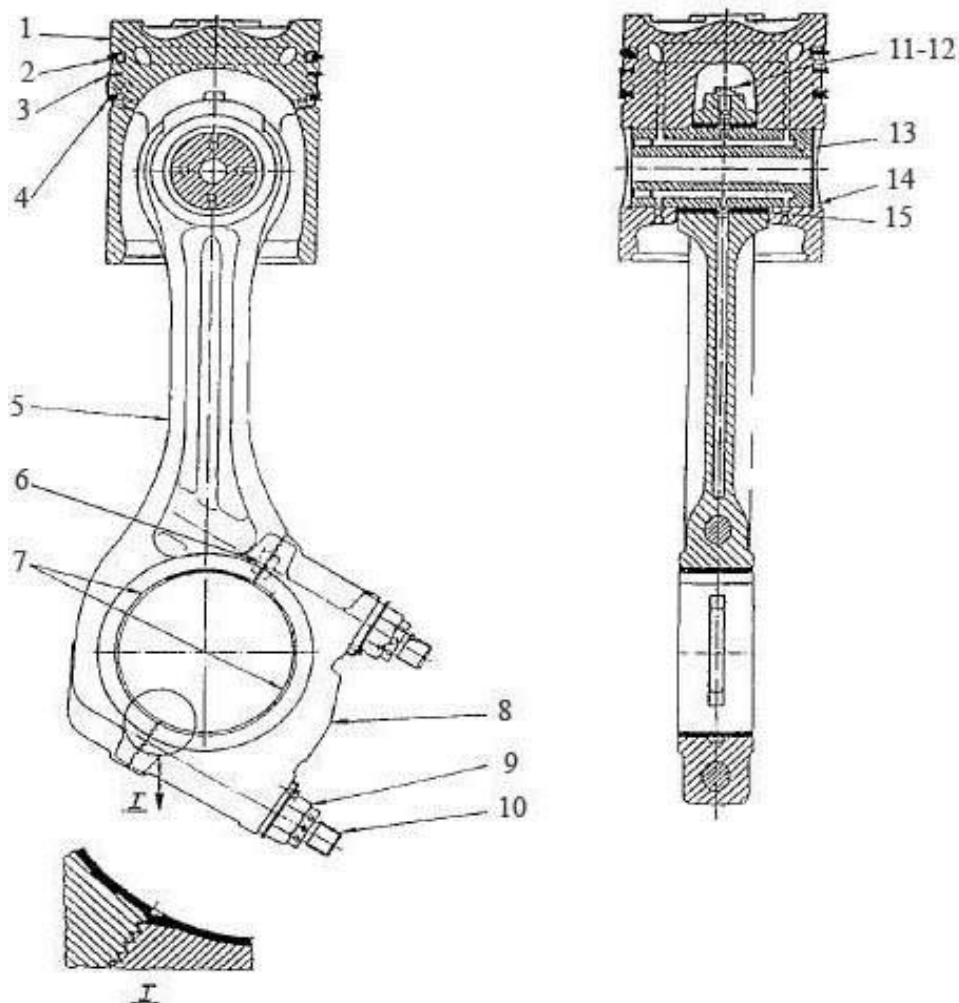
Diámetro nominal cabeza = 218 mm.
Diámetro máximo cabeza = 218,130 mm.
Diámetro mínimo cabeza = 217,900 mm.
Máximo óvalo = 0,130 mm.

Longitud perno de biela superior = 235 mm.
Holgura máxima = ± 1 mm.
Longitud perno de biela inferior = 270 mm.
Holgura máxima = ± 1 mm.

El pistón está fabricado en dos partes, una parte (falda del pistón) con aleación de aluminio y la otra parte (cabeza) de acero forjado nodular. La falda del pistón tiene un portasegmentos de hierro forjado resistente al desgaste para el segmento superior. En el pistón de acero forjado las ranuras superiores circulares están también endurecidas y rectificadas.

La cabeza del pistón tiene una cámara interna para el paso de aceite como refrigerador. El aceite fluye por ranuras radiales en el casquillo del bulón a través de orificios en el bulón por el interior de la cámara de enfriamiento en la cabeza del pistón. El aceite sale por los cilindros hacia el cárter.

Los pistones están provistos con un juego de tres segmentos. Dos de ellos son segmentos de compresión y el tercero es un segmento de control de aceite o raspador.



Nº	Descripción
1	Pistón
2	Segmento de compresión cromado
3	Segmento de compresión
4	Segmento raspador
5	Biela
6	Manga de guía
7	Casquillo del cojinete de cabeza
8	Tapa del cojinete de cabeza

Nº	Descripción
9	Tuerca, perno cojinete de cabeza
10	Perno del cojinete de cabeza
11	Tornillo
12	Chapa de cierre con lengua
13	Bulón del pistón
14	Anillo de retención
15	Casquillo, bulón del pistón

3.2.5. Amortiguador de vibraciones o dämpfer

A determinadas velocidades, un sistema de ejes puede estar expuesto a tensiones considerables, además de a las tensiones torsionales debido al par de apriete medio. En circunstancias desfavorables, estas tensiones pueden dar lugar a grandes pares de apriete alternados que podrían provocar daños. También existe el peligro de fractura del cigüeñal.

Para reducir las tensiones adicionales provocadas por las vibraciones torsionales, los motores están provistos de un amortiguador de vibraciones/masa rotatoria o dämpfer (en el extremo de la bomba del motor).

El amortiguador de vibraciones está formado de una carcasa cerrada exterior que está unida mediante tornillos al cigüeñal. La carcasa alberga un anillo pesado y el espacio entre la carcasa y el anillo se rellena con un líquido viscoso: silicio. La estructura molecular del líquido cambiará con el tiempo. Al principio, el líquido adelgaza (el efecto amortiguador se reduce) y, a continuación, se coagula. Por tanto, el amortiguador de vibraciones está provisto de tapones para permitir extraer el líquido de silicio para su posterior análisis.

3.2.6. Turbocompresores de gases de escape

El motor dispone de dos turbocompresores de gases de escape, uno por cada bancada, y trabajan cada uno independiente del otro.

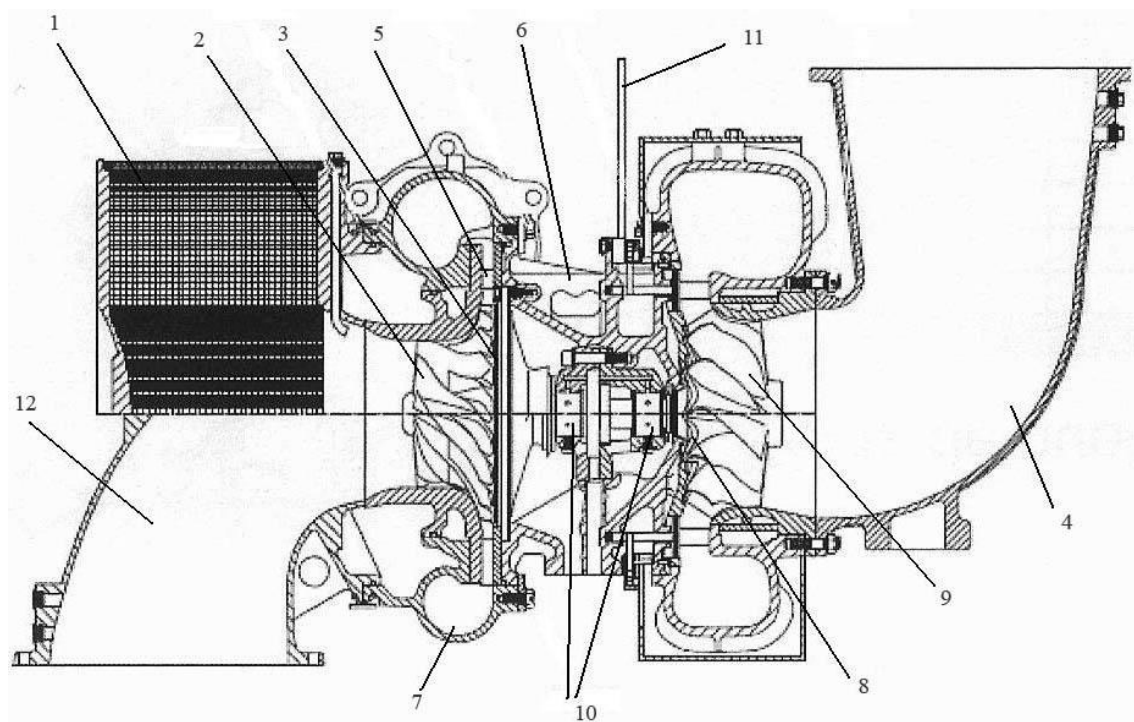
Los gases de escape, procedentes del motor, atraviesan la carcasa de entrada de gases y el anillo de toberas de geometría variable hasta llegar a la turbina, lo que produce trabajo en el eje.

El trabajo producido en la turbina se usa para mover la rueda compresora a través de la potencia transmitida por el eje.

Los gases de escape, tras cruzar la turbina, escapan del turbocompresor a través de la carcasa de salida de gases. Posteriormente irán a la chimenea de la instalación o a la caldera de recuperación de gases (HRSG).

La rueda compresora aspira aire del exterior previamente filtrado, comprimiéndolo y enviándolo al enfriador (intercooler) y posteriormente a los cilindros del motor.

El aire que el compresor aspira es filtrado previamente mediante un filtro-silenciador (silencioso) del turbocompresor ABB. El aire, tras ser comprimido en la rueda compresora, atraviesa el difusor y abandona el turbocompresor por la carcasa de salida del aire.



Nº	Descripción
1	Silencioso
2	Rueda compresora
3	Difusor
4	Salida de gases
5	Envolvente
6	Cuerpo de cojinetes

Nº	Descripción
7	Carcasa del compresor
8	Anillo de toberas VTG
9	Turbina
10	Palanca actuación VTG
11	Salida aire de carga

3.3. Funcionamiento de los motores

3.3.1. Principios de operación de mezcla pobre

El motor funciona conforme al ciclo de Otto para gas pobre, es decir, que se comprime una mezcla pobre de gas y aire, produciendo la combustión por medio de un sistema eléctrico. Para mejorar la operación, el motor es turboalimentado, y se alimenta de aire enfriado.

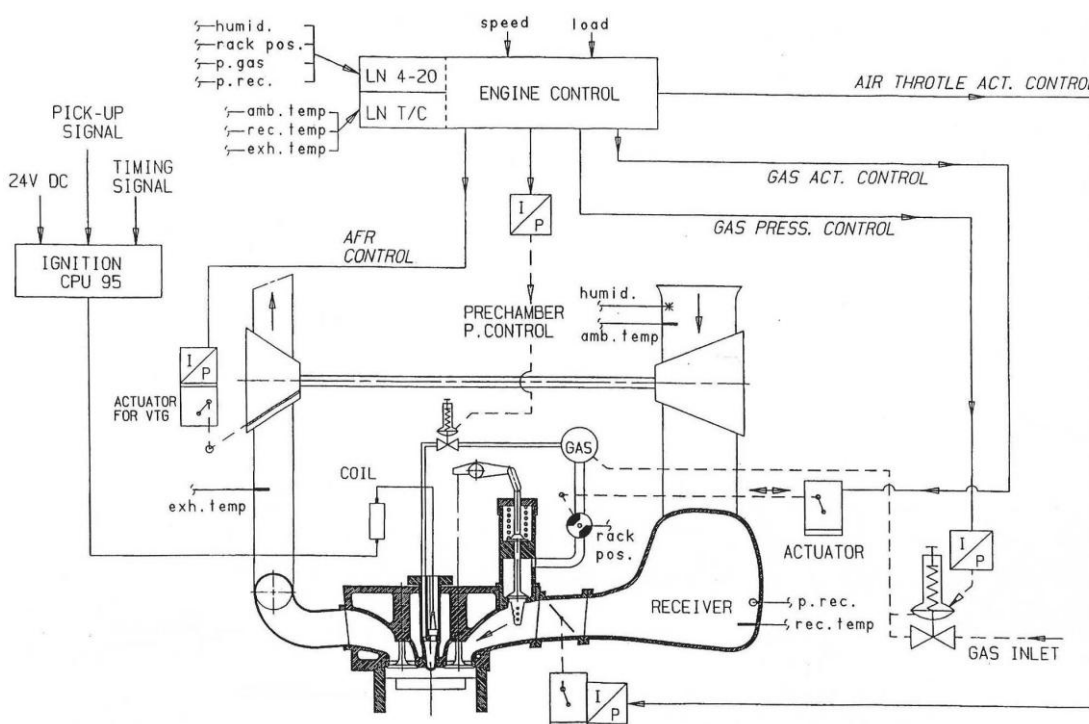
El regulador envía una señal para cambiar la carga del motor, por lo que cambia la posición de las válvulas de estrangulación que regulan el flujo de gas a las válvulas de admisión, por medio de un eje de control colocado a lo largo del motor. Las válvulas de admisión, una por cilindro, son operadas por los balancines o palancas interiores, e introducen el gas en los cilindros por los orificios de entrada, respetando las posiciones relativas de apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape.

El eje de control también acciona la estrangulación de aire por medio de una leva y un sistema servoneumático, cambiando su posición en relación con la que adopten las válvulas de estrangulación del gas, regulando el flujo de aire a los cilindros en correcta concordancia con los cambios del flujo de gas. El gas y el aire se mezclan a su paso por las válvulas de admisión, y se introducen en el cilindro en forma de torbellino.

La cantidad de aire admitido en el receptor de aire depende de la potencia del turbocompresor, que se controla mediante una turbina de geometría variable ajustada automáticamente de tal modo que el coeficiente aire/combustible en el motor sea correcto a cualquier carga.

Ya que el motor es del tipo de mezcla pobre, se suministra entre un 80 y un 100% más de aire del necesario para la completa combustión del gas. Ello se hace para evitar la detonación, aumentar el rendimiento, y reducir los contaminantes (CO y NOx) de los gases de escape. El gas pobre se comprime en el cilindro, y algo de mezcla entra también en la pequeña cámara de precombustión. Esta precámara tiene su propia alimentación adicional de gas desde la línea principal de alimentación del mismo. Según este sistema, la mezcla pobre del cilindro se enriquece, y así se quema más fácilmente por las bujías.

La alta energía de la cámara de precombustión entra en la cámara principal de combustión por una boquilla con varios orificios (nozzle) que reparte las llamas uniformemente y aseguran una rápida combustión, incluso con mezclas muy pobres. La ignición la produce un sistema de 24 Vcc con un microprocesador electrónico de estado sólido que actúa sobre el volante y el árbol de levas, el cual distribuye la baja tensión a las bobinas de cada cilindro.



3.3.2. Sistema de aire de arranque

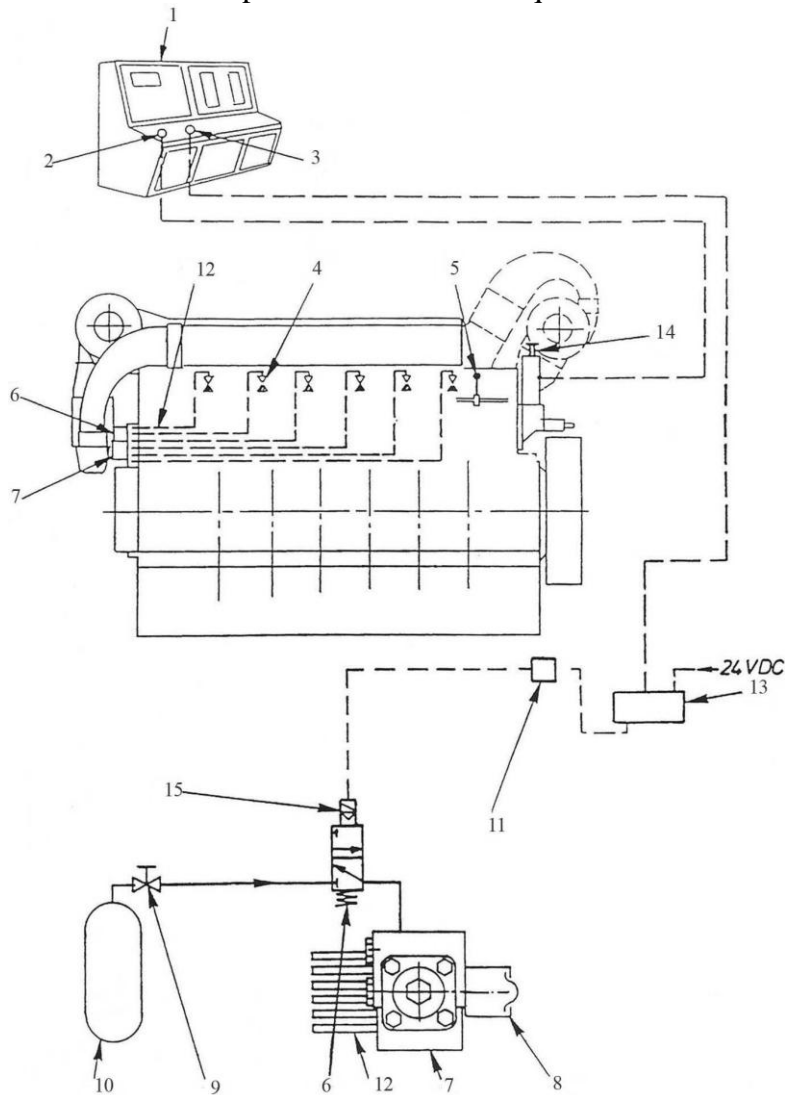
Los motores se arrancan en remoto desde un panel de maniobra. La presión de aire de arranque debe estar comprendida entre 24 y 30 kg/cm².

Antes de arrancar, se bombea el aceite de lubricación a través de la bomba eléctrica de cebado. Dicho aceite debe tener una temperatura mínima de 28-30 °C.

Al arrancar el motor, la válvula de paso del depósito de aire de arranque se abre para dejar pasar el aire hacia el distribuidor de aire de arranque. Cuando se activa la válvula de arranque, se envía una señal a la electroválvula, la cual abre para dejar pasar el aire al distribuidor. Entonces éste suministrará el aire a las válvulas de aire de arranque en el orden correcto.

Solamente las culatas del banco B están equipadas con válvulas de arranque.

Cuando el motor llega a 100-125 rpm y entra el gas de precámara, la electroválvula anula el paso de aire, por lo que el distribuidor deja de impulsar aire a las culatas y se cierra la válvula de salida del depósito de aire de arranque.



Nº	Descripción
1	Consola de control
2	Botón de parada
3	Botón de arranque
4	Válvula de aire de arranque culatas
5	Maneta de parada
6	Válvula paso del aire de arranque
7	Distribuidor de aire de arranque
8	Válvula de seguridad

Nº	Descripción
9	Válvula principal antirretorno
10	Depósito de aire
11	Interruptor
12	Tobera de aire de arranque
13	Caja de bornes del motor
14	Botón de parada en el regulador
15	Solenoide para arranque retorno

Una vez el aire comprimido sale del compresor, pasa por un intercooler para su enfriamiento a través de dos etapas (refrigeración con agua a alta y a baja temperatura de agua). El aire para la combustión sale a unos 50-55 °C y llega al colector de admisión.

En el colector de admisión, a la entrada de cada cilindro, hay una válvula de mariposa que restringe el suministro de aire. Las válvulas de mariposa empiezan a abrirse aproximadamente al 60% de carga, y producen la máxima restricción cuando el motor está al mínimo.

Las válvulas de mariposa se mueven por un actuador, que es controlado por el control de motor electrónico (woodward).

3.3.4. Sistema de lubricación

El motor tiene dos sistemas de lubricación: el principal y el de balancines. Este último a presión reducida. El nivel de aceite se revisa con una varilla situada en el banco B del motor.

La bomba aspira el aceite del cárter del motor y lo impulsa (4-5 bar) a través de la válvula termostática, el enfriador de placas y los filtros a la válvula de control de presión de aceite. Desde la válvula, el aceite es conducido a la tubería de distribución principal, y, a través de las tuberías de ramificación, a los soportes del árbol de levas.

Cerca del 10% del flujo de aceite de la bomba se conduce a través de un filtro centrífugo y de nuevo al cárter.

A través de las tuberías de ramificación, el aceite se lleva a los bastidores de la bancada, los cuales tienen unos taladros que se corresponden con unas entallas en los cojinetes principales. A través de los taladros el aceite se conduce a los cojinetes de biela, a través de las bielas a los cojinetes y a las cámaras de enfriamiento en las cabezas de los pistones.

A la tubería de distribución principal, se conecta otra para el accionamiento del regulador, y otra más para los orificios de lubricación de las cadenas de los árboles de levas. Otras tuberías conducen el aceite a los inyectores que lubrican los engranajes del accionamiento de la bomba.

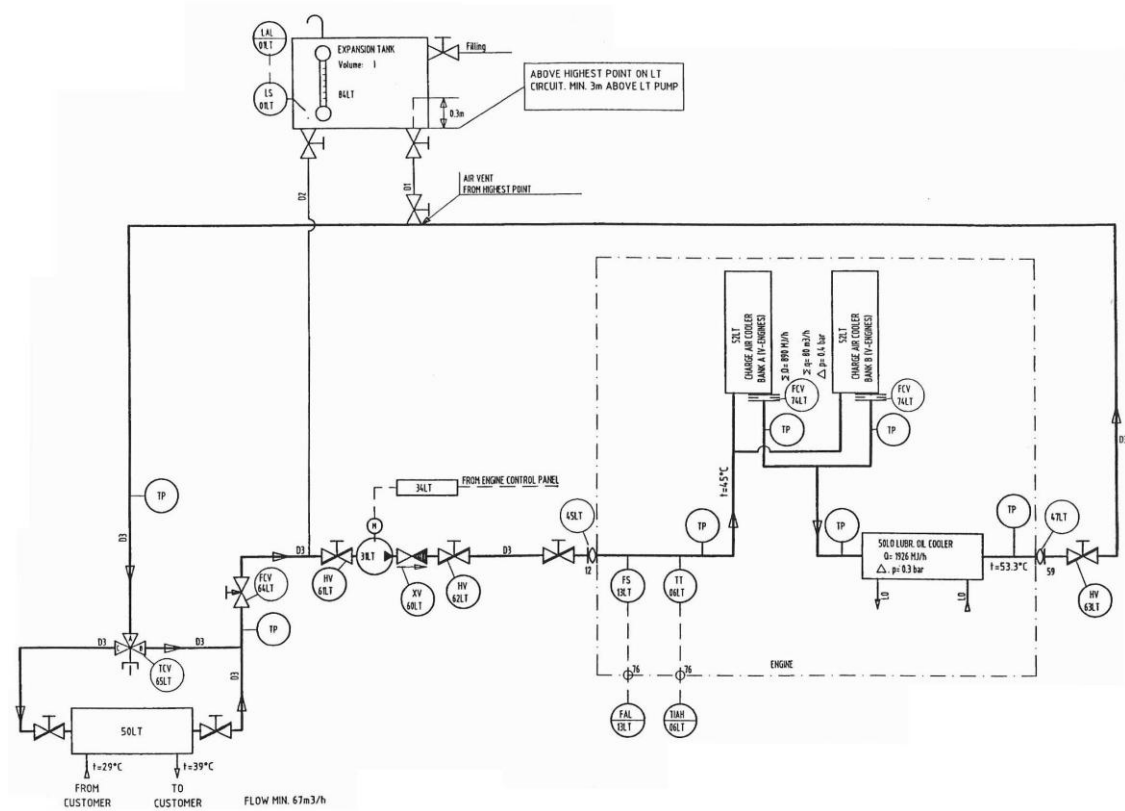
El suministro de aceite a los balancines llega a una presión de 0,6-0,9 bar a través de una válvula de estrangulación.

Para el bombeo, el motor está equipado con una bomba accionada eléctricamente. Esta bomba sirve para el cebado continuo de aceite mientras el motor no está funcionando.

3.3.5.2. Sistema de agua de refrigeración de baja temperatura

El sistema de agua de baja temperatura refrigera la segunda etapa del intercooler, el aceite lubricante y el intercambiador de calor (agua alta-baja temperatura).

El agua de baja temperatura circula por una bomba eléctrica (externa al motor).

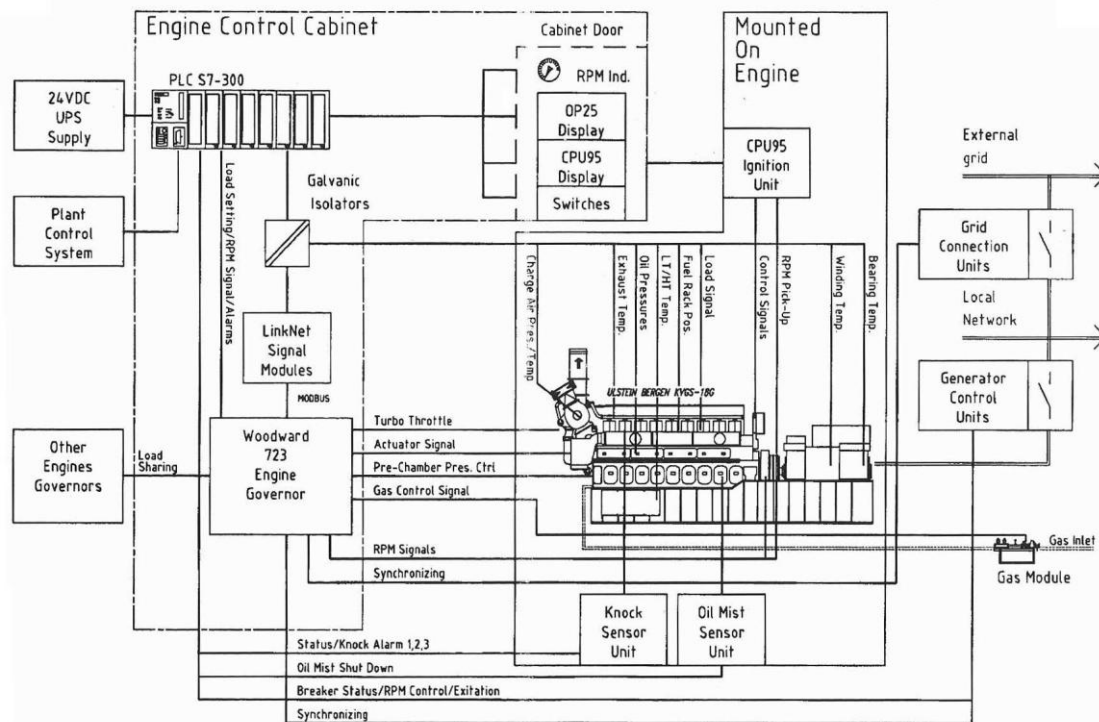


3.3.6. Sistema de control

El sistema de regulación y control del motor incorpora las siguientes funciones:

- Arranque del motor, parada, secuencia de parada o reducción de carga y bloqueos (sistema PLC).
- Control de velocidad y carga, sincronización y carga compartida (sistema Woodward).
- Monitorización de alarmas (sistema PLC).

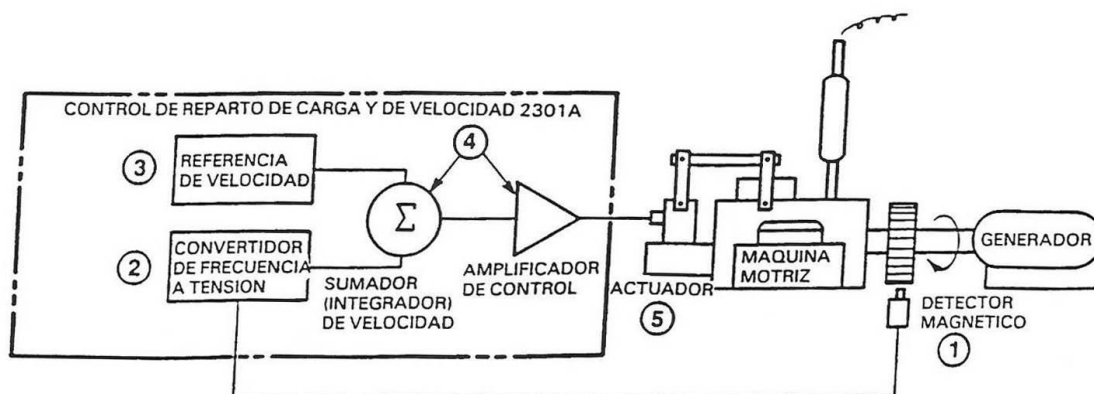
El sistema básico de control consiste en un regulador electrónico Woodward 723, un PLC S7-300, un sistema de ignición CPU95, una unidad de sensor antidetonación y un detector de niebla en cárter.



3.3.6.1. Actuador woodward 723

El actuador Woodward 723 mantiene la velocidad del motor según la consigna (1.000 rpm=50 Hz) y la carga designada, monitoriza algunas temperaturas y presiones y da algunas alarmas.

Controla también el actuador del turbocompresor (geometría variable o TPS), la presión del gas principal y la presión del gas de precámara.



3.3.6.2. Módulo PLC S7-300

El PLC vela por la seguridad del motor, desarrolla un sistema de control estándar y hace más sencilla la comunicación con los sistemas de control de la planta.

Las funciones principales del PLC son:

- Vigilar y respaldar el regulador de Woodward 723.
- Control secuencial del arranque, parada, reducción de carga y bloqueos.
- Monitorización del motor.
- Proceso de alarmas.
- La interconexión con el sistema de control de planta, cuadro de control de auxiliares, etc.

3.3.6.3. Módulo de encendido CPU95

Este módulo controla el encendido y manda señales a las bobinas.

3.3.6.4. Sensor de detonaciones

El sistema antidetonación monitoriza las vibraciones detectadas cerca de cada cilindro para captar irregularidades en la combustión. Si se detectan detonaciones, se manda una señal de alarma al PLC, que retrasa el encendido, reduce de carga o para el motor.

3.3.6.5. Detector de niebla en cárter

El detector de niebla aspira (0,6 bar) los gases que se producen en la atmósfera del cárter y, a través de una óptica, mide el índice de opacidad de estos gases. En caso de una opacidad alta, una señal de alarma hace parar el motor.

3.3.7. Alarmas

Las alarmas de los grupos generadores se agrupan en un total de 7 grupos, de los cuales son activos 6.

3.3.7.1. Grupo 1. Paro de emergencia

Abre el interruptor, se corta el suministro de gas. El motor para inmediatamente.

Alarmas que entran en este grupo:

- Actuación sobre los pulsadores locales de paro de emergencia.
- Alta temperatura de aceite, igual o superior a 68 °C.
- Baja presión de aceite después de filtro, igual o inferior a 1,7 kg/cm².
- Niebla de cárter alta.
- Alta temperatura de salida de agua de refrigeración del circuito de alta temperatura, igual o superior a 95 °C.
- Baja presión de agua de refrigeración del circuito de alta temperatura, igual o inferior a 1,5 kg/cm².
- Alta temperatura de salida aire admisión después de intercooler en uno o en ambos lados del motor, igual o superior a 66 °C.
- Alta temperatura de los cojinetes, delantero o trasero, del alternador, igual o superior a 100 °C.
- Sobrevelocidad mecánica disparada ajustada a 1.150 rpm.
- Sobrevelocidad eléctrica disparada ajustada a 1.100 rpm.
- Fallo de encendido.
- Excesiva desviación en la temperatura de escape de ambos lados del motor, igual o superior a 100 °C.
- Activación de alarma por detonaciones de nivel 3.
- Alarma mayor en controlador Woodward.
- Presión baja de gas de precámaras, igual o inferior a 0,4 kg/cm².
- Presión baja del aire de control, igual o inferior a 5 kg/cm².
- Fallo de arranque por fallo PLC.
- Actuador de arranque mal posicionado desviación ajustada entre un 15-30%.
- Baja presión de gas, igual o inferior a 1,5 kg/cm².
- Alta temperatura de retorno del agua de refrigeración circuito de alta temperatura.
- Por control de seguridades de equipo de recuperación de la instalación.

3.3.7.2. Grupo 2. Paro rápido

Abre el interruptor general y el motor para a los 5 minutos.

Alarmas que entran en este grupo:

- Por temperaturas altas de salida gases de cilindro o por desviación de temperaturas de los mismos, con una temperatura máxima de salida de 550 °C y una desviación máxima de 70 °C.
- Alta temperatura de entrada en turbo, tanto un lado como otro del motor, igual o superior a 570°C.
- Fallo de sensor.

- Baja presión de gas, igual o inferior a $2,3 \text{ kg/cm}^2$.
- Alta temperatura de los devanados del alternador medido en cada una de las tres fases, igual o superior a $145 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Sobrecarga de un máximo del 5% durante más de 15 segundos.
- Sobrecarga de un 15% durante más de 3 segundos.
- Bajo caudal de agua de refrigeración del circuito de baja temperatura.
- Presión de gas excesivamente alta, superior a 3 kg/cm^2 .
- Presión de gas excesivamente baja, igual o inferior a $0,7 \text{ kg/cm}^2$.
- Baja presión de gas de precámaras, igual o inferior a $1,5 \text{ kg/cm}^2$.
- Condicionante externo relacionado con la instalación de recuperación.

3.3.7.3. Grupo 3. Paro normal

Reduce la carga del generador lentamente, abre el interruptor general y el motor se para a los 5 minutos.

Alarmas que entran en este grupo:

- Alta temperatura de aceite, igual o superior a $66 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Baja presión de aceite después del filtro, igual o inferior a $2,5 \text{ kg/cm}^2$.
- Bajo nivel en depósito de expansión agua circuito de baja temperatura.
- Bajo nivel en depósito de expansión agua circuito de alta temperatura.
- Fallo del detector de niebla en cárter.
- Temperatura alta de salida agua circuito de alta, igual o superior a $93 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Baja presión de entrada agua de refrigeración circuito de alta temperatura, igual o inferior a $2,2 \text{ kg/cm}^2$.
- Alta temperatura alta después de intercooler, superior a $50 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Alta temperatura del aire admisión después del intercooler lado A o lado B, igual o superior a $64 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Alta temperatura de los devanados en las tres fases del alternador, igual o superior a $140 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Presión diferencial alta en filtro de aceite, igual o superior a $1,9 \text{ kg/cm}^2$.
- Nivel del tanque de expansión agua del circuito de alta temperatura alto.
- Baja presión de aceite balancines.
- Baja presión de gas.

3.3.7.4. Grupo 4. Reducción opcional (>30%)

Reduce la carga del motor >30%, el motor está reducido hasta la pulsación del botón reset.

3.3.7.5. Grupo 5. Reducción 30%

Reduce la carga del motor 30%, el motor está reducido hasta la pulsación del botón reset.

Alarmas que entran en este grupo:

- Alta temperatura de aceite, igual o superior a $64 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Alta temperatura de aire después de intercooler lado A o lado B, igual o superior a $62 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Alta temperatura de los devanados del alternador (control en las tres fases), igual o superior a 135 °C.
- Alta temperatura de agua del circuito de baja temperatura, igual o superior a 47 °C.
- Alarma fallo menor en Woodward, fallo AFR, presión de gas.

3.3.7.6. Grupo 6. Reducción 15%

Reduce la carga del motor 15%, el motor está reducido hasta la pulsación del botón reset.

Alarmas que entran en este grupo:

- Alta temperatura aceite, igual o superior a 62 °C.
- Alta temperatura aire de admisión después de intercooler en lado A o en lado B del motor, igual o superior a 60 °C.
- Alta temperatura de los devanados del generador (control en las tres fases), igual o superior a 130 °C.
- Temperatura de aire de admisión demasiado baja o demasiado alta, es decir, inferior a 5 °C o superior a 45 °C.
- Alarma por detonaciones nivel 2.
- Fallo detector de detonaciones.
- Alarma menor en Woodward.
- Desviación de temperatura de cilindros, superior a 40 °C y con una carga superior al 40% de la carga nominal.

3.3.7.7. Grupo 7. Bloqueo de arranque

El arranque del motor está bloqueado.

Alarmas que entran en este grupo:

- Protecciones del sistema de virado del grupo desmontadas.
- Interruptor del panel principal accionado.
- Baja presión de aceite de prelubricación.
- Condicionante externo del sistema.
- Baja presión de aire de arranque.
- Actuado el pulsador de paro de emergencia en panel principal.
- Actuado el pulsador de paro de emergencia en sala de control.
- Tiempo de espera después de parada de grupo.
- Baja presión de aire de control.
- Fallo de sensor.
- Baja presión de gas de precámaras.
- Bajo caudal agua del circuito de refrigeración de baja temperatura.
- Orden de parada desde control central.

4. REVISIONES

Las revisiones que marcan las pautas del calendario son las de 12.500 horas (aproximadamente cada 18 meses), las cuales conllevan, como mínimo, el cambio de las culatas.

Además de estas revisiones, existen otras que no requieren grandes trabajos sobre los motores, como son las revisiones semanales (sin paro de motor) y cada 500/1.000/3.000/6.000 horas (con paro de motor) de funcionamiento.

Se han reelaborado todas las revisiones para que se puedan entender de una manera ordenada, clara y simple debido a que los manuales de Rolls-Royce Marine España no guardan ningún tipo de orden.

4.1. Trabajos semanales

Aire arranque

- Verificar el correcto funcionamiento de los presostatos de control de los compresores.

Secador aire de arranque

- Limpiar el radiador del condensador frigorífico.
- Controlar la presión de salida de aire de los manoreductores.

Rampa de gas

- Control de las fugas de gas en la rampa.
- Control de la estabilidad de la presión de gas.
- Control de la estabilidad de la presión de gas en la entrada de la E.R.M.
- Control de la temperatura de gas en la entrada de la rampa.
- Control de la temperatura de gas en la entrada del motor.

Circuito de lubricación

- Vaciar los depósitos de recogida del aceite del detector de niebla en cárter.
- Vaciar los depósitos de recogida del aceite de drenaje de los canalones de las bancadas del bloque motor.
- Limpiar las pérdidas de aceite.
- Corregir las posibles fugas de aceite.

Circuito aire admisión

- Controlar el estado de la superficie de los filtros de aire en el turbocompresor (si es necesario limpiar o sustituir).
- Control de posibles pérdidas de gases de escape en los turbocompresores.
- Control de la temperatura del aire en la entrada de los turbocompresores.
- Control del correcto funcionamiento de la ventilación de la sala.
- Limpieza de los turbocompresores diariamente.

Otras anotaciones

- Indicar si se han realizado cambios de bujías.

- Indicar si se han realizado limpieza de precámaras.
- Indicar las alarmas y las anomalías de la semana.

Grupo

Completar la hoja de datos de funcionamiento del grupo adjunta:

Fecha		Nº motor		Horas	
Planta		Nº alternador		T. ambiente	

<i>Lado A</i>				<i>Lado B</i>			
<i>Posición AFR</i>		<i>Pres aire</i>		<i>Posición AFR</i>		<i>Pres aire</i>	
T. escap A1		°Encend		T. escap B1		°Encend	
T. escap A2		°Encend		T. escap B2		°Encend	
T. escap A3		°Encend		T. escap B3		°Encend	
T. escap A4		°Encend		T. escap B4		°Encend	
T. escap A5		°Encend		T. escap B5		°Encend	
T. escap A6		°Encend		T. escap B6		°Encend	
T. escap A7		°Encend		T. escap B7		°Encend	
T. escap A8		°Encend		T. escap B8		°Encend	
T. escap A9		°Encend		T. escap B9		°Encend	
T. media				T. media			
T. antes Tur				P. antes Tur			
T. desp Tur				Contrapresión			

<i>Lado A</i>		<i>Lado B</i>	
Humedad aire			
T. Aire Adm filtro		T. Aire Adm filtro	
Presión aire admisión		Presión aire admisión	
T. aire ADM		T. aire ADM	
Presión Gas		Presión Gas	
Temperatura Gas		Temperatura Gas	
Pr. gas precámaras		Pr. gas precámaras	

Presión aceite	
Temperatura aceite	
Nivel aceite	
Presión diferencial filtro	
Filtro centrífugo funcionamiento	

T. Entrada agua H.T.		Caudal circulante	
T. Salida agua H.T.			
T. Entrada agua B.T.		Caudal circulante	
T. Salida agua B.T.			

Generador			
Tensión salida		Temp. sala	
Cos FI		Temp. entrada aire	
Ir en amperios		Temp. salida aire	
Is en amperios		Potencia eléctrica	
It en amperios			
Temp devanados Fr			
Temp devanados Fs			
Temp devanados Ft			
Temp cojinete D			
Temp cojinete T			

Oil Mist		Estado de los leds	
Pos. Flaps			
Pos Regulador			

Compresor N°		Presión parada	
Presión arranque		Purga automática	
Purga botella		Reposición aceite	
Nivel aceite compresor		Limpieza radiador secador	
Filtro admisión		Tiempo funcionamiento	
Horas contador		Presión aceite	

Compresor N°		Presión parada	
Presión arranque		Purga automática	
Purga botella		Reposición aceite	
Nivel aceite compresor		Limpieza radiador secador	
Filtro admisión		Tiempo funcionamiento	
Horas contador		Presión aceite	

Recogida aceite motor

Cantidad aceite depósito oil mist	
Cantidad aceite depósito bancada	
Nivel aceite motor	
Limpieza canalones laterales	

4.2. Revisión 500 horas

Esta revisión conlleva el paro de un motor durante aproximadamente 2 horas, el trabajo que se realiza en esta revisión lo puede desempeñar un solo técnico.

Trabajos que se realizan en esta revisión:

1. Se sacan las bujías para limpiarlas y se limpia el filtro centrífugo de aceite (ítem 112).
2. Limpieza del filtro centrífugo de aceite, se puede hacer con el motor en marcha (ítem 604).

4.3. Revisión 1.000 horas

Esta revisión conlleva el paro del motor durante aproximadamente 4 horas, el trabajo que se realiza en esta revisión lo puede desempeñar un técnico.

Trabajos que se realizan en esta revisión:

1. Se cambian las bujías (ítem 112).
2. Se limpian las precámaras.
3. Limpieza del filtro centrífugo de aceite, se puede hacer con el motor en marcha (ítem 604).
4. Se toma una muestra de aceite para su posterior análisis, se debe hacer con el motor en marcha (ítem 605).
5. Revisar el accionamiento y las uniones del actuador (ítem 901).

4.4. Revisión 3.000 horas

Esta revisión conlleva el paro del motor durante 8 horas aproximadamente, el trabajo que se realiza en esta revisión lo puede desempeñar un técnico.

Plantilla de trabajos:

Rolls-Royce Marine España S.A. Informe Técnico	Planta		Número orden
	Nº equipo		
	Modelo		

Descripción del trabajo: Revisiones 3.000, 9.000 horas

Rutina de Mto: L528/61 Instrucción 1502 de 06/99 y Rev. 2 de 10/03

Responsable:	Personal:			

Calificación del trabajo: Programado

Horas de funcionamiento:

Intervención	Fecha	Hora
Llegada a planta		
Parada motor		
Puesta en marcha		
Fin		

Rev.	Instr.	Operación		SI	NO
111	7230	Conexión de válvulas			
112	7240	Bujías			
		Juego de casquillos			
		Rosca tornillos de regulación	Altura rosca		
		Roces y deformaciones			
		Control conexiones alimentación bobinas bujías			
		Control encendido (lámpara estroboscópica)	Control bancadas		
		Control funcionamiento actuadores de flaps	Señal 4-20 mA		
		Control funcionamiento actuadores de turbo	Señal 4-20 mA		
605		Análisis de lubricante por el suministrador			
		Control y corrección fugas de aceite	Puntos con fuga		
		Control nivel aceite cárter motor			
		Limpieza filtro aire admisión turbos			
		Control fugas aire admisión	Estanqueidad		
		Control y corrección fugas de agua	Puntos con fuga		
901	5301	Actuador con varillas de accionamiento y uniones	Semanalmente		
903		Detector de niebla en cárter			
		Verificar presión entrada rampa de gas			
		Verificar estanqueidad conexiones			
		Verificar estanqueidad válvulas de purga			
		Verificar presiones de regulación	Anotar datos		

		Verificar presión aire de control			
		Control fugas aire			
		Limpieza de detectores de velocidad y posición			
		Compresor aire de arranque y control			
		Verificar correcto funcionamiento presostatos control			
		Verificar funcionamiento secador de aire			
		Recalentador ELWA			
		Verificar funcionamiento resistencias			
		Verificar funcionamiento bomba de agua			
		Verificar calibración termostato agua			
		Verificar estanqueidad caja resistencias y bomba de agua			
		Alternador			
		Verificar nivel aceite en cojinetes baño aceite			
		Anotar datos de funcionamiento alternador			
		Limpieza bobinados			
		Medición aislamiento			
		Cambio diodos excitación			
		Recoger herramientas y útiles			
		Limpiar y ordenar área de trabajo			
		El motor queda en funcionamiento dentro de sus parámetros normales			

4.5. Revisión 6.000 horas

Esta revisión conlleva el paro del motor aproximadamente durante 12 horas, el trabajo que se realiza en esta revisión lo puede desempeñar un técnico.

Plantilla de trabajos:

Rolls-Royce Marine España S.A. Informe Técnico	Planta		Número orden
	Nº equipo		
	Modelo		

Descripción del trabajo: Revisión 6.000 horas

Rutina de Mto: L528/61 Instrucción 1502 de 06/99 y Rev. 2 de 10/03

Responsable:	Personal:			

Calificación del trabajo: Programado

Horas de funcionamiento:

Intervención	Fecha	Hora
Llegada a planta		
Parada motor		
Puesta en marcha		
Fin		

Rev.	Instr.	Operación		SI	NO
101	2405	Rotocaps de válvulas de escape	Bajas rpm		
106	2401	Sistema de balancines para válvulas de admisión y de escape			
109	7220	Válvulas de control de gas			
111	7230	Conexión de válvulas			
112	7240	Bujías			
114		Culata: prueba de estanqueidad y máxima presión de combustión			
		Juego de casquillos			
		Rosca tornillos de regulación	Altura rosca		
		Roces y deformaciones			
		Control conexiones alimentación bobinas bujías			
		Control encendido (utilizar lámpara estroboscópica)	Control bancadas		
		Control funcionamiento actuadores de flaps	Señal 4-20 mA		
		Control funcionamiento actuadores de turbo	Señal 4-20 mA		
404	3102	Deflexión de cigüeñal	Formulario		
405		Acoplamiento flexible. Elementos elásticos y placas de amortiguación			
503	4102	Cadena del árbol de levas			
504	5103	Distribuidor de aire de arranque			
		Engrase			

		Cambio de cojinetes			
505	5202	Woodward			
605		Análisis de lubricante por el suministrador			
607	8203	Bomba principal de lubricación (eléctrica)			
		Control y corrección fugas de aceite	Puntos con fuga		
		Control nivel aceite cárter motor			
		Limpieza filtro aire admisión turbos			
		Control fugas aire admisión	Estanqueidad		
807	8503	Bomba de baja y alta temperatura con reguladores			
		Control y corrección fugas de agua	Puntos con fuga		
901	5301	Actuador con varillas de accionamiento y uniones	Semanalmente		
902	5506	Protección de sobrevelocidad y parada automática			
903		Detector de niebla en cárter			
904		Funciones de alarma y seguridad. Señal de carga. Control de carga.			
1001		Módulo de alimentación de gas			
		Verificar presión entrada rampa de gas			
		Verificar estanqueidad conexiones			
		Verificar estanqueidad válvulas de purga			
		Verificar presiones de regulación	Anotar datos		
		Verificar presión aire de control			
		Control fugas aire			
		Limpieza de detectores de velocidad y posición			
		Compresor aire de arranque y control			
		Verificar correcto funcionamiento presostatos control			
		Verificar funcionamiento secador de aire			
		Recalentador ELWA			
		Verificar funcionamiento resistencias			
		Verificar funcionamiento bomba de agua			
		Verificar calibración termostato agua			
		Verificar estanqueidad caja resistencias y bomba de agua			
		Alternador			
		Verificar nivel aceite en cojinetes baño aceite			
		Anotar datos de funcionamiento alternador			
		Limpieza bobinados			
		Medición aislamiento			
		Cambio diodos excitación			
		Recoger herramientas y útiles			
		Limpiar y ordenar área de trabajo			
		El motor queda en funcionamiento dentro de sus parámetros normales			

4.6. Revisión 12.500 horas

Esta revisión conlleva el paro del motor durante 5 días, el trabajo que se realiza en esta revisión lo pueden desempeñar tres técnicos.

Esta revisión se repite a las 37.5000, 62.500 y 87.500 horas.

Plantilla de trabajos:

Rolls-Royce Marine España S.A. Informe Técnico	Planta		Número orden
	Nº equipo		
	Modelo		

Descripción del trabajo: Revisión 12.500 horas

Rutina de Mto: L528/61 Instrucción 1502 de 06/99 y Rev. 2 de 10/03

Responsable:	Personal:			

Calificación del trabajo: Programado

Horas de funcionamiento:

Intervención	Fecha	Hora
Llegada a planta		
Parada motor		
Puesta en marcha		
Fin		

Rev.	Instr.	Operación		SI	NO
		Cambio culatas	Anotar datos		
101	2405	Rotocaps de válvulas de escape	Bajas rpm		
102	2408	Válvulas indicadoras			
103	2410	Válvulas de arranque	T. tubo aire		
104	1601	Reglaje de válvulas. También aprox. 100h. después de haber sacado la culata			
105	1702	Reapriete de pernos aprox. 100h después de haber sacado la culata			
106	2401	Sistema de balancines para válvulas de admisión y de escape			
107	4301	Válvulas de admisión y escape. Mecanismo de accionamiento/asientos			
108	7230	Toberas de precámara			
109	7220	Válvulas de control de gas			
110	7225	Válvulas de alimentación de gas			
111	7230	Conexión de válvulas			
112	7240	Bujías			
113	7240	Cables de bujías. Comprobar resistencia	Conectores		
114		Culata: prueba de estanqueidad y máxima presión de combustión			
		Juego de casquillos			

		Rosca tornillos de regulación	Altura rosca		
		Roces y deformaciones			
		Control conexiones alimentación bobinas bujías			
		Control encendido (utilizar lámpara estroboscópica)	Control bancadas		
		Control funcionamiento actuadores de flaps	Señal 4-20 mA		
		Control funcionamiento actuadores de turbo	Señal 4-20 mA		
203	2301	Anillo de camisas			
		Limpieza bloque y control asientos juntas camisa bloque			
402	8101	Sistema engranajes (lado bomba)			
404	3102	Deflexión de cigüeñal	Formulario		
405		Acoplamiento flexible. Elementos elásticos y placas de amortiguación			
501	4101	Levas de admisión y escape			
503	4102	Cadena del árbol de levas			
504	5103	Distribuidor de aire de arranque			
		Engrase			
		Cambio de cojinetes			
505	5202	Woodward			
602	8206	Filtro de aceite, válvulas de by-pass y elementos filtrantes			
604		Aceite: filtro de separación centrífuga	Cada 500 horas		
605		Análisis de lubricante por el suministrador			
		Control y corrección fugas de aceite	Puntos con fuga		
		Control nivel aceite cárter motor			
701		Turbo: Rotor			
702		Turbo: Cojinetes			
704		Turbo: Filtros de aire			
705		Turbo: Lavado del compresor con agua	Diariamente		
706		Turbo: Piezas VTG			
		Limpieza filtro aire admisión turbos			
		Control fugas aire admisión	Estanqueidad		
801		Intercambiador de calor de aceite	Cuando sea necesario		
802		Circuito de agua			
803		Enfriador de aire de sobrealimentación			
807	8503	Bomba de baja y alta temperatura con reguladores			
		Control y corrección fugas de agua	Puntos con fuga		
901	5301	Actuador con varillas de accionamiento y uniones	Semanalmente		
902	5506	Protección de sobrevelocidad y parada automática			
903		Detector de niebla en cárter			
904		Funciones de alarma y seguridad. Señal de carga. Control de carga.			
906		Captadores magnéticos			
1001		Módulo de alimentación de gas			
		Verificar presión entrada rampa de gas			
		Verificar estanqueidad conexiones			
		Verificar estanqueidad válvulas de purga			

		Verificar presiones de regulación	Anotar datos		
1004		Antivibratorios del motor.	Comprobar		
1005		Conexiones flexibles de gas			
		Verificar presión aire de control			
		Control fugas aire			
		Limpieza de detectores de velocidad y posición			
		Compresor aire de arranque y control			
		Verificar correcto funcionamiento presostatos control			
		Verificar funcionamiento secador de aire			
		Recalentador ELWA			
		Verificar funcionamiento resistencias			
		Verificar funcionamiento bomba de agua			
		Verificar calibración termostato agua			
		Verificar estanqueidad caja resistencias y bomba de agua			
		Alternador			
		Verificar nivel aceite en cojinetes baño aceite			
		Anotar datos de funcionamiento alternador			
		Limpieza bobinados			
		Medición aislamiento			
		Cambio diodos excitación			
		Recoger herramientas y útiles			
		Limpiar y ordenar área de trabajo			
		El motor queda en funcionamiento dentro de sus parámetros normales			

4.7. Revisión 25.000 horas

Esta revisión conlleva el paro del motor durante 9 días, el trabajo que se realiza lo pueden desempeñar tres técnicos.

Esta revisión se repite a las 75.000 horas.

Plantilla de trabajos:

Rolls-Royce Marine España S.A. Informe Técnico	Planta		Número orden
	Nº equipo		
	Modelo		

Descripción del trabajo: Revisión 20.000 horas

Rutina de Mto: L528/61 Instrucción 1502 de 06/99 y Rev. 2 de 10/03

Responsable:	Personal:			

Calificación del trabajo: Programado

Horas de funcionamiento:

Intervención	Fecha	Hora
Llegada a planta		
Parada motor		
Puesta en marcha		
Fin		

Rev.	Instr.	Operación		SI	NO
		Cambio culatas	Anotar datos		
101	2405	Rotocaps de válvulas de escape	Bajas rpm		
102	2408	Válvulas indicadoras			
103	2410	Válvulas de arranque	T. tubo aire		
104	1601	Reglaje de válvulas. También aprox. 100h. después de haber sacado la culata			
105	1702	Reapriete de pernos aprox. 100h después de haber sacado la culata			
106	2401	Sistema de balancines para válvulas de admisión y de escape			
107	4301	Válvulas de admisión y escape. Mecanismo de accionamiento/asientos			
108	7230	Toberas de precámara			
109	7220	Válvulas de control de gas			
110	7225	Válvulas de alimentación de gas			
111	7230	Conexión de válvulas			
112	7240	Bujías			
113	7240	Cables de bujías. Comprobar resistencia			
114		Culata: prueba de estanqueidad y máxima presión de combustión			
		Juego de casquillos			

		Rosca tornillos de regulación	Altura rosca		
		Roces y deformaciones			
		Control conexiones alimentación bobinas bujías			
		Control encendido (utilizar lámpara estroboscópica)	Control bancadas		
		Control funcionamiento actuadores de flaps	Señal 4-20 mA		
		Control funcionamiento actuadores de turbo	Señal 4-20 mA		
201	2301	Sacar camisas/revisar circuito de agua/cambiar sello			
202	2302	Mecanizado de camisas			
203	2301	Anillo de camisas			
		Limpieza bloque y control asientos juntas camisa bloque			
301	3201	Pistón			
302	3201	Aros de pistón			
303	3201	Bulón de biela			
304	3201	Biela: control de ovalidad	Anotar datos		
305	3202	Cojinete de cabeza de biela			
		Verificación longitud pernos cierre bielas	Anotar datos		
401	2201	Cojinetes y aros de empuje			
402	8101	Sistema engranajes (lado bomba)			
403	3101	Amortiguador de vibraciones de torsión: muestra de fluido			
404	3102	Deflexión de cigüeñal	Formulario		
405		Acoplamiento flexible. Elementos elásticos y placas de amortiguación			
501	4101	Levas de admisión y escape			
502	4101	Rodamientos y cojinetes de empuje			
503	4102	Cadena del árbol de levas			
504	5103	Distribuidor de aire de arranque			
		Engrase			
		Cambio de cojinetes			
505	5202	Woodward			
605		Análisis de lubricante por el suministrador			
607	8203	Bomba principal de lubricación (eléctrica)			
		Control y corrección fugas de aceite	Puntos con fuga		
		Control nivel aceite cárter motor			
701		Turbo: Rotor			
702		Turbo: Cojinetes			
706		Turbo: Piezas VTG			
		Limpieza filtro aire admisión turbos			
		Control fugas aire admisión	Estanqueidad		
801		Intercambiador de calor de aceite			
802		Circuito de agua			
803		Enfriador de aire de sobrealimentación			
807	8503	Bomba de baja y alta temperatura con reguladores			
		Control y corrección fugas de agua	Puntos con fuga		
901	5301	Actuador con varillas de accionamiento y uniones	Semanalmente		
902	5506	Protección de sobrevelocidad y parada automática			

903		Detector de niebla en cárter			
904		Funciones de alarma y seguridad. Señal de carga. Control de carga.			
906		Captadores magnéticos			
1001		Módulo de alimentación de gas			
		Verificar presión entrada rampa de gas			
		Verificar estanqueidad conexiones			
		Verificar estanqueidad válvulas de purga			
		Verificar presiones de regulación	Anotar datos		
1003		Calorifugado de tubos de escape			
1004		Antivibratorios del motor.	Comprobar		
1005		Conexiones flexibles de gas			
		Verificar presión aire de control			
		Control fugas aire			
		Limpieza de detectores de velocidad y posición			
		Compresor aire de arranque y control			
		Verificar correcto funcionamiento presostatos control			
		Verificar funcionamiento secador de aire			
		Recalentador ELWA			
		Verificar funcionamiento resistencias			
		Verificar funcionamiento bomba de agua			
		Verificar calibración termostato agua			
		Verificar estanqueidad caja resistencias y bomba de agua			
		Alternador			
		Verificar nivel aceite en cojinetes baño aceite			
		Anotar datos de funcionamiento alternador			
		Limpieza bobinados			
		Medición aislamiento			
		Cambio diodos excitación			
		Recoger herramientas y útiles			
		Limpiar y ordenar área de trabajo			
		El motor queda en funcionamiento dentro de sus parámetros normales			

4.8. Revisión 50.000 horas

Esta revisión conlleva el paro del motor durante 13 días, el trabajo que se realiza en esta revisión lo pueden desempeñar cuatro técnicos.

Esta revisión se repite a las 100.000 horas.

Plantilla de trabajos:

Rolls-Royce Marine España S.A. Informe Técnico	Planta		Número orden
	Nº equipo		
	Modelo		

Descripción del trabajo: Revisión 50.000 horas

Rutina de Mto: L528/61 Instrucción 1502 de 06/99 y Rev. 2 de 10/03

Responsable:	Personal:			

Calificación del trabajo: Programado

Horas de funcionamiento:

Intervención	Fecha	Hora
Llegada a planta		
Parada motor		
Puesta en marcha		
Fin		

Rev.	Instr.	Operación		SI	NO
		Cambio culatas	Anotar datos		
101	2405	Rotocaps de válvulas de escape	Bajas rpm		
102	2408	Válvulas indicadoras	Apertura y cierre		
103	2410	Válvulas de arranque	T. tubo aire		
104	1601	Reglaje de válvulas. También aprox. 100h. después de haber sacado la culata			
105	1702	Reapriete de pernos aprox. 100h después de haber sacado la culata			
106	2401	Sistema de balancines para válvulas de admisión y de escape			
107	4301	Válvulas de admisión y escape. Mecanismo de accionamiento/asientos			
108	7230	Toberas de precámara			
109	7220	Válvulas de control de gas			
110	7225	Válvulas de alimentación de gas			
111	7230	Conexión de válvulas			
112	7240	Bujías			
113	7240	Cables de bujías. Comprobar resistencia			
114		Culata: prueba de estanqueidad y máxima presión de combustión			
		Juego de casquillos			

		Rosca tornillos de regulación	Altura rosca		
		Roces y deformaciones			
		Control conexiones alimentación bobinas bujías			
		Control encendido (utilizar lámpara estroboscópica)	Control bancadas		
		Control funcionamiento actuadores de flaps	Señal 4-20 mA		
		Control funcionamiento actuadores de turbo	Señal 4-20 mA		
201	2301	Sacar camisas/revisar circuito de agua/cambiar sello			
202	2302	Mecanizado de camisas			
203	2301	Anillo de camisas			
		Limpieza bloque y control asientos juntas camisa bloque			
301	3201	Pistón			
302	3201	Aros de pistón			
303	3201	Bulón de biela			
304	3201	Biela: control de ovalidad	Anotar datos		
305	3202	Cojinete de cabeza de biela			
		Verificación longitud pernos cierre bielas	Anotar datos		
401	2201	Cojinetes y aros de empuje			
402	8101	Sistema engranajes (lado bomba)			
403	3101	Amortiguador de vibraciones de torsión: muestra de fluido			
404	3102	Deflexión de cigüeñal	Formulario		
405		Acoplamiento flexible. Elementos elásticos y placas de amortiguación			
501	4101	Levas de admisión y escape			
502	4101	Rodamientos y cojinetes de empuje			
503	4102	Cadena del árbol de levas			
504	5103	Distribuidor de aire de arranque			
		Engrase			
		Cambio de cojinetes			
505	5202	Woodward			
601	8204	Bomba principal de aceite			
605		Análisis de lubricante por el suministrador			
606		Aceite lubricante: Cáster	Cuando se cambie		
607	8203	Bomba principal de lubricación (eléctrica)			
		Control y corrección fugas de aceite	Puntos con fuga		
		Control nivel aceite cárter motor			
701		Turbo: Rotor			
702		Turbo: Cojinetes			
706		Turbo: Piezas VTG			
		Limpieza filtro aire admisión turbos			
		Control fugas aire admisión	Estanqueidad		
801		Intercambiador de calor de aceite			
802		Circuito de agua			
803		Enfriador de aire de sobrealimentación			
807	8503	Bomba de baja y alta temperatura con reguladores			
		Control y corrección fugas de agua	Puntos con fuga		
901	5301	Actuador con varillas de accionamiento y uniones	Semanalmente		

902	5506	Protección de sobrevelocidad y parada automática			
903		Detector de niebla en cárter			
904		Funciones de alarma y seguridad. Señal de carga. Control de carga.			
905		Sensores de temperatura de gases de escape antes del turbo			
906		Captadores magnéticos			
1001		Módulo de alimentación de gas			
		Verificar presión entrada rampa de gas			
		Verificar estanqueidad conexiones			
		Verificar estanqueidad válvulas de purga			
		Verificar presiones de regulación	Anotar datos		
1003		Calorifugado de tubos de escape			
1004		Antivibratorios del motor.	Comprobar en caso de rotura/avería		
1005		Conexiones flexibles de gas			
		Verificar presión aire de control			
		Control fugas aire			
		Limpieza de detectores de velocidad y posición			
		Compresor aire de arranque y control			
		Verificar correcto funcionamiento presostatos control			
		Verificar funcionamiento secador de aire			
		Recalentador ELWA			
		Verificar funcionamiento resistencias			
		Verificar funcionamiento bomba de agua			
		Verificar calibración termostato agua			
		Verificar estanqueidad caja resistencias y bomba de agua			
		Alternador			
		Verificar nivel aceite en cojinetes baño aceite			
		Anotar datos de funcionamiento alternador			
		Limpieza bobinados			
		Medición aislamiento			
		Cambio diodos excitación			
		Recoger herramientas y útiles			
		Limpiar y ordenar área de trabajo			
		El motor queda en funcionamiento dentro de sus parámetros normales			

4.9. Cuadro de revisiones

A continuación, se detallan todos los trabajos preventivos que se realizan en dos tablas, cada una de ellas contiene 50.000 horas de funcionamiento.

Plan de trabajo n°. L528/61 (ES)		Rutina de mantenimiento, de 0 a 50.000 horas	
Instrucción n°. 1502		TIPO DE MOTOR: K-de gas con turbo TPS, aplicables para la alimentación de plantas alimentarias	
N°. Instr.	● Control por muestreo ▼ Revisión ○ Limpieza/Ajuste/Lubricante ▼ Revisión/Cambio		
1	CULATA		
101	2405 Rotación de válvulas de escape	500	50000
102	2408 Válvulas indicadoras	500	49000
103	2410 Válvula de arranque	500	47000
104	1601 Reajuste válvulas. Aprox. 100 h después de haber sacado la culata	500	46000
105	1702 Reajuste de pernos aprox. 100 h después de haber sacado la culata	500	45000
106	2401 Sistema de balancines para válvulas de admisión y escape	500	44000
107	4301 Válvulas de admisión y escape. Mecanismo de accionamiento/asientos	500	43000
108	7230 Tobera de precámara	500	42000
109	7220 Válvulas de control de gas	500	41000
110	7225 Válvulas de alimentación de gas	500	40000
111	7230 Comprobación de la conexión de válvulas	500	39000
112	7240 Bulas: ajuste cada 500 horas	500	38000
113	7240 Cables de buía. Comprobar resistencia	500	37000
114	Culata: prueba de estanqueidad y máxima presión de combustión	500	36000
2	CAMISAS		
201	2301 Sacar camisas/visar circuito de agua/cambiar sello	500	35000
202	2302 Mecanizado de camisas	500	34000
203	2301 Anillo de camisas	500	33000
3	PISTONES/BARRAS DE CONEXION		
301	3201 Pistón	500	32000
302	3201 Aros de pistón	500	31000
303	3201 Buñ de biela	500	30000
304	3201 Biela: control de ovalidad	500	29000
305	3202 Cojinete de cabeza de biela	500	28000
4	COJINETES		
401	2201 Cojinetes principales y aros de empuje	500	27000
402	4101 Soportes de cojinetes (después de bomba)	500	26000
403	3101 Anillo de cojinetes: prueba de torsión: muestra de fluido	500	25000
404	3102 Deflexión de cojinetes	500	24000
405	Accionamiento flexible: Elementos elásticos y placas de amortiguación	500	23000
5	ARBOL DE LEVAS		
501	4101 Levas de admisión y escape	500	22000
502	4101 Rodamientos y cojinetes de empuje	500	21000
503	4102 Cadena de árbol de levas	500	20000
504	5103 Distribuidor de aire de arranque	500	19000
505	5202 Regulador	500	18000
6	ACEITE LUBRICANTE		
601	8204 Bomba principal de aceite	500	17000
602	8206 Filtro de aceite, válvulas de by-pass y elementos filtrantes	500	16000
603	Aire de succión: filtro de baño de aceite	500	15000
604	Acetel: filtro de separación centrífuga	500	14000
605	Análisis de lubricante	500	13000
606	Acetel lubricante: Carter (cuando se cambie el aceite)	500	12000
607	8203 Bomba principal de lubricación (eléctrica)	500	11000
7	TURBO		
701	Turbo: rotor	500	10000
702	Turbo: cojinetes	500	9000
703	Turbo: filtro de aire	500	8000
704	Turbo: lavado del compresor con agua (diariamente)	500	7000
705	Turbo: lavado del compresor con agua (diariamente)	500	6000
706	Turbo: piezas VTG (geometría variable)	500	5000
8	INTERCAMBIADORES DE CALOR		
801	Intercambiador de calor de aceite (limpiar cuando sea necesario)	500	4000
802	Circuito de agua (limpiar cuando sea necesario)	500	3000
803	Intercambiador de calor de agua (limpiar cuando sea necesario)	500	2000
804	Sistema externo de refrigeración de agua (limpiar trimestralmente)	500	1000
805	Intercambiador de calor de agua (limpiar trimestralmente)	500	0
806	Calidad de agua: control de pH y temperatura (mensualmente)	500	0
807	Bomba de baja y alta temperatura con reguladores	500	0
9	SISTEMAS DE ALARMA Y CONTROL		
901	Actuador con varillas de accionamiento y uniones (semanal)	500	0
902	Protección de sobrevelocidad y parada automática	500	0
903	Detector de niebla en cárter (cambiar filtros cuando sea necesario)	500	0
904	Funciones de alarma y seguridad. Señal de carga. Control de carga	500	0
905	Sensores de temperatura de gases de escape antes del turbo	500	0
906	Captores magnéticos	500	0
10	VARIOS		
1001	Módulo de alimentación de gas	500	0
1003	Calorífugo de tubos de escape	500	0
1004	Antivibradores del motor. Comprobar en caso de rotura/avería	500	0
1005	Conexiones flexibles de gas	500	0

Plan de trabajo n°: L528/61 (ES)		Rutina de mantenimiento, de \$1.000 a 100.000 horas	
Instrucción n°: 1502		TIPO DE MOTOR: K-de gas con turbo TPS, aplicables para la alimentación de plantas alimentarias	
N°	Instr.	● Control por muestreo ▼ Revisión ○ Limpieza/Ajuste/Lubricante ▼ Revisión/Cambio	51000 52000 53000 54000 55000 56000 57000 58000 59000 60000 61000 62000 63000 64000 65000 66000 67000 68000 69000 70000 71000 72000 73000 74000 75000 76000 77000 78000 79000 80000 81000 82000 83000 84000 85000 86000 87000 88000 89000 90000 91000 92000 93000 94000 95000 96000 97000 98000 99000 100000
1	GULATA		
101	2405 Recopilar de válvulas de escape		
102	2406 Válvulas de escape		
103	2410 Válvula de escape		
104	1601 Reajuste válvulas. Aprox. 100 h. después de haber sacado la culata		
105	1702 Reajuste de pernos anox. 100 h. después de haber sacado la culata		
106	2401 Sistema de balancines para válvulas de admisión y escape		
107	4301 Válvulas de admisión y escape. Mecanismo de accionamiento/asientos		
108	7230 Tobera de precámara		
109	7230 Válvulas de control de gas		
110	7225 Válvulas de alimentación de gas		
111	7230 Comprobación de la conexión de válvulas		
112	7240 Bujías: ajuste cada 500 horas		
113	7240 Cables de bujía. Comprobar resistencia		
114	Culata: prueba de estanqueidad y máxima presión de combustión		
2	GAMISAS		
201	2301 Sacar camisas/revisar circuito de agua/cambiar sello		
202	2302 Mecanizado de camisas		
203	2301 Anillo de camisas		
3	PISTONES/BARRAS DE CONEXIÓN		
301	3201 Pistón		
302	3201 Aros de bién		
303	3201 Bulón de biela		
304	3201 Biela: control de ovalidad		
305	3202 Colinete de cabeza de biela		
4	BIQUENAL		
401	2201 Corrientes principales y aros de empuje		
402	8101 Sistema engranajes (taco bomba)		
403	8101 Sistema engranajes (taco bomba)		
404	3102 Deflexión del cigüeñal		
405	Accionamiento flexible Elementos elásticos y placas de amortiguación		
5	ARROL DE LEVAS		
501	4101 Levas de admisión y escape		
502	4101 Rodamientos y colinetes de empuje		
503	4102 Cadena de árbol de levas		
504	5103 Distribuidor de aire de arranque		
505	5202 Regulador		
6	ACEITE LUBRICANTE		
601	8204 Bomba principal de aceite		
602	8206 Filtro de aceite, válvulas de by-pass y elementos filtrantes		
603	Aire de succión, filtro de baño de aceite		
604	Acetate: filtro de separación centrífuga		
605	Análisis de lubricante		
606	Acetate lubricante. Cáñer. (cuando se cambie el aceite)		
607	8203 Bomba principal de lubricación (eléctrica)		
7	TURBO		
701	Turbo: rotor		
702	Turbo: colinetes		
703	Turbo: filtro de aire		
704	Turbo: lavado del compresor con agua (diariamente)		
705	Turbo: lavado del compresor con agua (diariamente)		
706	Turbo: Pistas VTG (geometría variable)		
8	INTERCAMBIADORES DE CALOR		
801	Intercambiador de calor de aceite (limpiar cuando sea necesario)		
802	Intercambiador de calor de agua (limpiar cuando sea necesario)		
803	Intercambiador de calor de agua (limpiar cuando sea necesario)		
804	Sistema externo de refrigeración de agua (revisar trimestralmente)		
805	Torre de refrigeración: calidad de agua (revisar mensualmente)		
806	Calidad de agua en circuitos de alta y baja temperatura (mensualmente)		
807	8503 Bomba de baja y alta temperatura con reguladores		
9	SISTEMAS DE ALARMA Y CONTROL		
901	5301 Actuador con varillas de accionamiento y uniones (semanal)		
902	5506 Protección de sobrevelocidad y parada automática		
903	Detector de niebla en cáñer. (cambiar filtros cuando sea necesario)		
904	Funciones de alarma y seguridad. Señal de carga. Control de carga		
905	Sensores de temperatura de gases de escape antes del turbo		
906	Captadores magnéticos		
10	VARIOS		
1001	Módulo de alimentación de gas		
1003	Calorifugado de tubos de escape		
1004	Antivibratorios del motor. Comprobar en caso de rotura/avería		
1005	Conexiones flexibles de gas		

5. MEJORAS EN LAS REVISIONES

El contrato de mantenimiento correspondiente a estos tres motores, está basado en la vida útil de motores para propulsión marina. Las diferencias con los de cogeneración son sustanciales. La diferencia más importante es el tipo de combustible, ya que los motores de propulsión marina queman diesel, mientras que los motores para cogeneración queman gas natural. El bloque-motor “sufre” mucho más con diesel que con gas natural.

La cámara de máquinas de un barco siempre estará más sucia y los espacios de trabajo serán más reducidos que la sala de motores para cogeneración. Por consiguiente, siempre será más limpio y práctico trabajar en una sala de motores de cogeneración que en la sala de máquinas de cualquier barco o buque.

Los balanceos que sufre un barco repercuten directamente en el motor, mientras que en una cogeneración estos balanceos desaparecen y los motores tienen las vibraciones normales de cualquier motor.

Las revisiones están pautadas a través de las revisiones de 12.500 horas, lo que he hecho en este proyecto es adelantar las revisiones 2.500 horas y así realizarlas cada 10.000 horas debido a:

- ✓ Las válvulas de escape (en ocasiones también las válvulas de admisión) no son capaces de aguantar 12.500 horas de funcionamiento. En cambio, para otras generaciones de motores KVGS, como son G1, G2 y G3, sí que aguantan 12.500 horas.
- ✓ La suciedad que se acumula en el rotor de los turbocompresores, a partir de 10.000 horas de funcionamiento de los motores, puede llegar a desequilibrar a los mismos y llegar a provocar una ruptura de las paletas.

Muchas de las piezas que se cambian en las horas estipuladas en el cuadro de revisiones se hacen de manera prematura. Con el gas natural como combustible hay recambios que aguantan mucho más, como pueden ser los cojinetes de biela, las bombas de aceite y agua...

Actualmente, tan sólo se hace un predictivo, análisis de aceite por parte del suministrador, y se hace cada 1.000 horas. En este proyecto incluyo cinco predictivos: el análisis de agua de refrigeración de alta temperatura, el análisis de vibraciones, los análisis de fallos correctivos, los análisis termográficos y el control de las holguras de los engranajes de las bombas de aceite y agua.

Hago mucho hincapié en la limpieza de los motores. Se trata de mantener tanto los motores como la sala de motores lo más limpios posible. En este punto debe entrar la empresa dueña de los motores, ayudando en todo momento al técnico de Rolls-Royce en la limpieza.

Ítems que desaparecen en la mejora de las revisiones (varios de estos ítems se harán cada semana):

- a) Ítem 104, reglaje de válvulas: debido a que con el motor en marcha se pueden comprobar si están pisadas, no se parará el motor cada 2.000 horas para su

- revisión. Cada semana, y con el motor en marcha, se revisarán todas las válvulas. Cuando se ha realizado el reglaje de una culata en 5 ocasiones hay que cambiarla, debido a que alguna de las válvulas ya no tendrá capa de esmeril en su cara del asiento.
- b) Ítem 112, bujías: ajuste cada 500 horas: Desde hace aproximadamente un año y medio se ha cambiado de suministrador de bujías y actualmente se utilizan bujías Champion. Anteriormente se utilizaban Bosch, las cuales se debían limpiar y galgar cada 500 horas de funcionamiento y cambiar a las 1000 horas. Las bujías Champion no precisan la limpieza y pueden llegar a aguantar hasta 2.500 horas de funcionamiento, por lo que no es necesario incluir las bujías en el cuadro de revisiones, debido a que a partir de ahora se cambiarán cuando empiecen a fallar.
 - c) Ítem 111, comprobación de la conexión de válvulas: Hasta ahora, cada vez que se cambiaban las bujías se aprovechaba para cambiar las precámaras. Debido al cambio de fabricante de bujías, se puede esperar al fallo de bujías o de precámaras para su cambio. En condiciones normales, la precámaras suelen fallar antes que las bujías. Una precámara puede aguantar hasta 1.600-1.800 horas de funcionamiento (con los elementos nuevos) y una bujía hasta 2.500 horas.
 - d) Ítem 113, cables de bujías. Comprobar resistencia: los cables de bujías o cánulas se revisan cada 12.500 horas (mediante la comprobación de la resistencia de las mismas). En el nuevo programa de mantenimiento las cánulas se cambiarán sólo cuando fallen. Una cánula puede funcionar con normalidad más de 40.000 horas.
 - e) Ítem 202, mecanizado de camisas: este trabajo se realiza en taller. Cuando se recepcionan en el taller las camisas que provienen de otras revisiones, se realiza el mecanizado de las mismas para su posterior uso. Una vez realizado el mecanizado, se toman las holguras interiores, si éstas pasan de 250,5 mm, se procederá a su eliminación.
 - f) Ítem 402, sistema de engranajes (lado bomba): debido a que se miden las holguras entre los engranajes del cigüeñal y de la bomba de aceite y de la bomba de agua de alta temperatura, se elimina este punto.
 - g) Ítem 403, amortiguador de vibraciones de torsión, muestra de fluido: cada 15.000 horas de funcionamiento del motor se toma una muestra de la silicona. La cantidad de silicona que hay en el dámper o amortiguador de vibraciones es la necesaria y justa para garantizar su correcto cometido. Considero que extraer muestras periódicamente, a largo plazo acaba siendo perjudicial para el motor. La alternativa a esta prueba es medir las vibraciones del motor sobre sus puntos de apoyo.
 - h) Ítem 603, aire de succión: sólo para motores marinos.
 - i) Ítem 606, aceite lubricante. Cáster: este punto no corresponde a ninguna tarea de mantenimiento preventivo.
 - j) Ítem 607, bomba principal de lubricación (eléctrica): esta bomba eléctrica no suele fallar nunca (tan sólo cuando trabaja con aceite excesivamente frío), por lo que el único trabajo que se realizará será la revisión de posibles fugas de aceite semanalmente.
 - k) Ítem 705, turbo, lavado del compresor con agua: limpiar las paletas del compresor diariamente provoca un desgaste de éstas, por lo que con el nuevo programa de mantenimiento se realizará el trabajo tres días a la semana.
 - l) Ítem 805, torre de refrigeración, calidad de agua (revisar trimestralmente): los motores de la generación G3 y G4 no utilizan torres de refrigeración.

- m) Ítem 901, actuador con varillas de accionamiento y uniones (revisar cada semana): este trabajo se hará semanalmente junto a todas la articulaciones del motor.
- n) Ítem 904, funciones de alarma y seguridad. Señal de carga. Control de carga: para este tipo de fallos, hay que esperar el fallo del mismo (correctivo). Debido al gran número de alarmas que existen el motor, llevaría muchas horas para la comprobación de las mismas.
- o) Ítem 905, sensores de temperatura de gases de escape antes del turbo: al tomar los datos del motor cada semana, se puede revisar si alguna temperatura difiere comparando los datos semanalmente. El fallo normal de un sensor de temperatura se puede llegar a observar durante 2-3 semanas antes del fallo del sensor, la temperatura va decreciendo paulatinamente hasta que cae bruscamente.
- p) Ítem 1.004, antivibratorios del motor. Comprobar en caso de rotura/avería: este trabajo se realiza cada semana tanto los apoyos del motor como todos los apoyos flexibles montados en las cajas de conexiones sobre los motores..
- q) Ítem 1.005, conexiones flexibles de gas: los motores de cuarta generación (G4) vibran más que cualquier otra generación, en consecuencia, estos flexibles se suelen romper con bastante facilidad, por lo que se revisarán semanalmente.

Ítems que se generan en las mejoras de las revisiones o que se han modificado sustancialmente:

- a) Ítem 115, bobinas: cada 5.000 horas se deben limpiar las conexiones rápidas.
- b) Ítem 116, pernos de culata: se debe revisar el apriete de los pernos de las culatas cada 20.000 horas.
- c) Ítem: 117, culatas: se cambian las culatas cada 10.000 horas. Una vez desmontadas, se les extrae toda la valvulería y se envían al taller. En el taller se procede a cambiar las válvulas de admisión y de escape y sus asientos (nunca el mecanizado para aprovecharlos nuevamente), se cambian también los casquillos de los balancines, y la junta de contorno. Se comprueba la estanqueidad del circuito de refrigeración y se posibles grietas.
- d) Ítem 201, camisas: cambiar a las 20.000 horas de funcionamiento del motor. Las camisas podrían aguantar muchas más horas sin ser cambiadas, el problema es que a partir de las 20.000 horas se pueden producir grandes acumulaciones en las paredes lo que provocan detonaciones y el deterioro rápido de las cabezas de los pistones.
Las camisas se mandan al taller, donde se les aplica el ítem 202.
- e) Ítem 306, faldas de los pistones: revisar posibles deformaciones, rozaduras o grietas de las faldas, tanto exterior como interiormente cada 20.000 horas de funcionamiento. Hay que cambiar las faldas cada 30.000 horas.
- f) Ítem 307, pernos de las bielas: verificar las longitudes de los pernos cada 20.000 horas de funcionamiento del motor. Cada 30.000 horas hay que cambiar los pernos superiores y verificar las longitudes de los pernos inferiores.
- g) Ítem 308, cojinetes de pie de las bielas: revisar el estado de los cojinetes cada 30.000 horas de funcionamiento del motor.
- h) Ítem 601, bomba principal de aceite: en vez de cambiar la bomba a las 40.000 horas de funcionamiento del motor, se tomarán las holguras de la misma. Las holguras axiales deben estar comprendidas entre 0,15 y 0,20 mm, mientras que el juego radial estará comprendido entre 0,07 y 0,12 mm. Si las holguras son correctas, no se desmontará la bomba, se dejará montada y se tomarán las

- holguras cada 5.000 horas, cuando se salga de medida se procederá a su cambio. Hasta ahora, la bomba se desmontaba y se reparaba en la sala de motores. A partir de ahora, se cambiará por una bomba reparada directamente del taller.
- i) Ítem 608, cárter: tomar la medida de la presión del cárter cada 500 horas de funcionamiento. Esta medida da una idea de cómo están los aros de los pistones. Cuanto mayor es la presión, más desgaste tienen los aros de pistones.
 - j) Ítem 704, filtros de aire o silenciosos: se componen de tres tipos de filtros. La entrada de aire está rodeada con una filtrina fina que se puede cambiar con el motor en marcha, en función de cómo está de sucio el aire atmosférico con el que se alimenta el motor, esta filtrina puede aguantar en buen estado 5-7 días, por lo que se debe cambiar semanalmente. Justo debajo de esta filtrina se coloca una manta que debe lavarse cada 500 horas de funcionamiento del motor. Dentro de los silenciosos se montan unos pequeños filtros gruesos (2,5 cm) que no se pueden limpiar, se cambian cada 5.000 horas de funcionamiento del motor.
 - k) Ítem 707, actuador de flaps: revisar el funcionamiento de los actuadores cada 2.500 horas. La duración de los actuadores viene dado por la cantidad de humedad que hay en el circuito de aire de control.
 - l) Ítem 708, actuador de turbo: revisar el funcionamiento de los actuadores cada 2.500 horas.
 - m) Ítem 709, colector de admisión: revisar el interior de los colectores a través de las válvulas de seguridad cada 10.000 horas. Cuanta mayor sea la filtración del aire de admisión, más limpio estarán los colectores.
 - n) Ítem 807, bomba de alta temperatura: los motores G4 no tienen bomba de agua de baja temperatura, por lo que desaparece parte de la revisión. Antes de cambiar la bomba de alta temperatura cada 40.000 horas de funcionamiento del motor, se tomarán las holguras de la misma. Las holguras axiales deben estar comprendidas entre 0,15 y 0,20 mm. Si las holguras son correctas, no se desmontará la bomba, se dejará montada y se tomarán las holguras cada 5.000 horas, cuando se salga de medida se procederá a su cambio. Hasta ahora, la bomba se desmontaba y se reparaba en la sala de motores. A partir de ahora, se cambiará por una bomba reparada directamente del taller para ahorrar tiempo de trabajo.
 - o) Ítem 808, sello de la bomba de agua de refrigeración de alta temperatura: cambiar el sello cada 10.000 horas de funcionamiento del motor. En el momento que se ha desmontado en cuatro ocasiones el impeller de la bomba (para el cambio del sello o por problemas en la bomba), se debe montar uno nuevo, debido a la deformación cónica que sufre éste.
 - p) Ítem 907, cuadro de control: realizar la limpieza y cambiar el filtro del ventilador cada 5.000 horas de funcionamiento. Reapretar los bornes cada 10.000 horas.
 - q) Ítem 1.006, calorifugados de admisión: se revisa el estado cada 2.500 horas de funcionamiento del motor.
 - r) Ítem 1.007, análisis de vibraciones: realizar la medición de las vibraciones en los apoyos del motor cada 5.000 horas de funcionamiento.
 - s) Ítem 1.008, rampa de gas: cada vez que se termine una revisión y se arranque el motor, se deberá realizar de forma escalonada para controlar en todo momento las temperaturas de combustión en cada uno de los cilindros. Existen dos tipos de rampas de gas:
 - ✓ Revisiones sin cambio de cojinetes de biela, ni cojinetes principales, ni cojinetes de árbol de levas ni aros de los pistones: subir el motor hasta el

100% de su carga nominal en una hora aproximadamente. Una vez el motor está al 100% de carga, bajarlo al 10% de carga de forma automática y comprobar que todas las temperaturas de combustión de los cilindros vayan acompañadas. Cuando el motor esté al 10% de carga, subirlo al 100% de forma automática.

- ✓ Revisiones con cambios de cojinetes de biela, o cojinetes principales, o cojinetes del árbol de levas, o aros de los pistones: se arranca el motor a 600 rpm durante una hora. Una vez transcurrido ese tiempo se para y se comprueba que las bielas tienen el juego correcto. Se arranca el motor a 1.000 rpm y se sube de carga cada 40-50 minutos un 10% hasta llegar al 100% (en 6-8 horas). Mientras el motor va subiendo de carga, hay que controlar las temperaturas de combustión de los cilindros, la temperatura del aceite de refrigeración, las temperaturas del agua de refrigeración y la presión del cárter. Cuando el motor llega al 100% de carga, se baja al 10% de forma automática para el control de las temperaturas de los cilindros y se vuelve a subir al 100% de carga de forma automática.
- t) Ítem 1.009, análisis termográfico: realizar el análisis cada 5.000 horas de funcionamiento del motor. Se debe hacer con el motor en marcha y al 100% de carga.

En las tablas de las revisiones que se utilizan en los próximos apartados, se utiliza la siguiente simbología:

- ▽ Cambio de un elemento o parte de él.
- ▼ Revisión del elemento. No siempre se necesita desmontar el elemento.
- Limpieza del/los elemento/os.
- Control del elemento mediante recogida de muestra, toma de medidas o control por visión.
- Requiere el ajuste del elemento.
- Lubricar o engrasar el elemento.

5.1. Trabajos semanales

Aire arranque e instrumentación

Según el contrato de mantenimiento, los compresores de aire de arranque e instrumentación no pertenecen a Rolls-Royce Marine España.

Trabajos que se realizan:

- ✓ Purgar las botellas de aire.
- ✓ Verificar el correcto funcionamiento de las purgas automáticas de las botellas.
- ✓ Verificar el correcto funcionamiento de los presostatos de control de los compresores.

Secador aire de arranque

Trabajos que se realizan:

- ✓ Limpiar el radiador del condensador frigorífico.
- ✓ Controlar la presión de salida de aire de los manoreductores.

Rampa de gas

Trabajos que se realizan:

- ✓ Control de las fugas de gas en la rampa, en las conducciones hacia el motor y los flexibles de alimentación a las válvulas de control de gas.
- ✓ Control de la estabilidad de la presión de gas.
- ✓ Control de la estabilidad de la presión de gas en entrada la E.R.M.
- ✓ Control de la temperatura de gas en la entrada de la rampa.
- ✓ Control de la temperatura de gas en la entrada del motor.

Circuito de lubricación

Trabajos que se realizan:

- ✓ Vaciar los depósitos de recogida del aceite del detector de niebla en cárter.
- ✓ Vaciar los depósitos de recogida del aceite de drenaje de los canalones de las bancadas del bloque motor.
- ✓ Limpiar las pérdidas de aceite.
- ✓ Revisar y corregir las posibles fugas de aceite.
- ✓ Anotar el nivel de aceite del cárter.
- ✓ Revisar si la bomba eléctrica de aceite de lubricación tiene fugas.
- ✓ Revisar la tornillería de la bomba de aceite.

Circuitos de refrigeración

Trabajos que se realizan:

- ✓ Revisar y corregir posibles fugas de agua.
- ✓ Revisar los chivatos de las camisas.
- ✓ Revisar posibles fugas de agua por el sello de la bomba principal.
- ✓ Revisar el estado de las torres de refrigeración (ítem 804).
- ✓ Revisar la tornillería de la bomba de agua de refrigeración de alta temperatura.

Circuito aire admisión

Trabajos que se realizan:

- ✓ Controlar el estado superficie de las filtrinas exteriores de los silenciosos (ítem 704).
- ✓ Revisión y control de posibles pérdidas de gases de escape y de admisión en los turbocompresores.
- ✓ Control de la temperatura del aire en la entrada de los turbocompresores.
- ✓ Control de correcto funcionamiento de la ventilación de la sala.
- ✓ Limpieza de los turbocompresores con agua destilada cada 3 días.
- ✓ Revisar el apriete de los tornillos que sujetan los turbocompresores y los intercoolers al bloque motor.

Varios

Trabajos que se realizan:

- ✓ Revisar el estado (reglaje) de las válvulas de admisión y de escape (mirar si están pisadas).

- ✓ Engrasar todas las articulaciones del motor (varillas TPS y FLAPS, varillas del Woodward...).
- ✓ Reapretar las conexiones de las canaletas del bloque motor (termopares...) y las conexiones rápidas de las bobinas.
- ✓ Revisar los antivibratorios (apoyos) del motor y de los cuadros eléctricos sobre el motor.
- ✓ Revisar el estado de los recambios de los tres motores.
- ✓ Revisar el nivel de aceite del actuador Woodward.
- ✓ Control de las temperaturas (mediante termómetro láser) de los codos de aire de arranque de entrada de las culatas del lado B.
- ✓ Engrasar el distribuidor de aire de arranque.
- ✓ Limpieza general de los motores.
- ✓ Verificar el nivel de aceite de los cojinetes del alternador.

Otras anotaciones

Trabajos a realizar:

- ✓ Indicar si se han realizado cambios de bujías o de precámaras.
- ✓ Indicar si se han realizado limpieza de precámaras.
- ✓ Indicar las alarmas y anomalías de la semana.

Grupo

Completar hoja de datos de funcionamiento del grupo adjunta:

Planta	Bunge, Moyresa Cogeneración
Técnico Rolls-Royce	
Fecha	
Temperatura ambiente (°C)	
Temperatura sala (°C)	
Humedad relativa (%)	

	Motor 1	Motor 2	Motor 3
Número motor			
Número alternador			

	Motor 1	Motor 2	Motor 3
Horas			
Revoluciones (rpm)			
Carga (KW)			
Carga seleccionada (KW)			
AFR control lado A (%)			
AFR control lado B (%)			

Gases de escape

	Motor 1	Motor 2	Motor 3
Temperatura antes turbo lado A (°C)			
Temperatura antes turbo lado B (°C)			
Desviación temperatura lado A/B (°C)			

Aire

	Motor 1	Motor 2	Motor 3
Presión aire arranque (bar)			
Presión aire control (bar)			
Temperatura aire admisión lado A (°C)			
Presión aire admisión lado A (°C)			
Presión aire admisión lado A (bar)			
Temperatura aire admisión lado B (°C)			
Presión aire admisión lado B (°C)			
Temperatura aire admisión motor (°C)			
Posición flaps lado A (%)			
Posición flaps lado B (%)			
Presión aire detector niebla en cárter (bar)			

Aceite

	Motor 1	Motor 2	Motor 3
Temperatura aceite engrase (°C)			
Presión aceite engrase (bar)			
Presión aceite balancines (bar)			
Nivel aceite			

Gas

	Motor 1	Motor 2	Motor 3
Presión gas principal (bar)			
Presión gas precámara (bar)			
Temperatura gas admisión motor (°C)			
Presión gas admisión motor (bar)			
Posición válvula control gas (%)			
Desviación rack/carga (%)			
Nivel aceite woodward			

Agua

	Motor 1	Motor 2	Motor 3
Temperatura agua HT entrada (°C)			
Presión agua HT entrada (bar)			
Temperatura agua HT salida (°C)			
Temperatura agua LT entrada (°C)			

Generador

	Motor 1	Motor 2	Motor 3
Temperatura cojinete delantero (°C)			
Nivel aceite cojinete delantero			
Temperatura cojinete trasero (°C)			
Nivel aceite cojinete trasero			
Temperatura bobina U (°C)			
Temperatura bobina V (°C)			
Temperatura bobina W (°C)			

Torres de refrigeración

	Motor 1	Motor 2	Motor 3
Temperatura agua entrada LT (°C)			
Temperatura agua salida LT (°C)			
Temperatura agua entrada HT (°C)			
Temperatura agua salida HT (°C)			
Temperatura TTRR entrada LT (°C)			
Temperatura TTRR salida LT (°C)			
Temperatura TTRR entrada HT (°C)			
Temperatura TTRR salida HT (°C)			

Gases de escape lado A

	Motor 1		Motor 2		Motor 3	
	Desviación	Temp. (°C)	Desviación	Temp. (°C)	Desviación	Temp. (°C)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
Media (°C)						

Gases de escape lado B

	Motor 1		Motor 2		Motor 3	
	Desviación	Temp. (°C)	Desviación	Temp. (°C)	Desviación	Temp. (°C)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
Media (°C)						

5.2. Revisión 500 horas

Esta revisión no conlleva el paro de un motor, el trabajo que se realiza en esta revisión lo puede desempeñar un solo técnico.

Trabajos que se realizan en esta revisión:

1. La limpieza y el galgado de bujías no se realiza (ítem 112).
2. La limpieza del filtro centrífugo de aceite se puede hacer con el motor en marcha (ítem 604).
3. Medir y anotar la presión el cárter (ítem 608).
4. Limpiar las mantas interiores de los silenciosos (ítem 704).
5. Control de fugas de combustión en las culatas.

5.3. Revisión 1.000 horas

Esta revisión no conlleva el paro del motor, el trabajo que se realiza en esta revisión lo puede desempeñar un técnico.

Trabajos que se realizan en esta revisión:

1. No se limpian las precámaras (ítem 111).
2. La limpieza y el galgado de bujías no se realiza (ítem 112).
3. Limpieza del filtro centrífugo de aceite, se puede hacer con el motor en marcha (ítem 604).
4. Se toma una muestra de aceite para su posterior análisis, se debe hacer con el motor en marcha (ítem 605).
5. Medir y anotar la presión el cárter (ítem 608).
6. Se toma una muestra de agua de refrigeración de alta temperatura para su posterior análisis, se debe hacer con el motor en marcha (ítem 806).
7. Limpiar las mantas interiores de los silenciosos (ítem 704).
8. Control de fugas de combustión en las culatas.
9. Control de encendido mediante una lámpara estroboscópica.

5.4. Revisión 2.500 horas

Esta revisión sustituye a la revisión de 3.000 horas. Conlleva el paro del motor durante 3 horas aproximadamente, el trabajo que se realiza en esta revisión lo puede desempeñar un técnico.

Plantilla de trabajos:

Descripción del trabajo: Revisiones 2.500/7.500 horas				
Rutina de Mto: L528/61 Instrucción 1502 de 06/99 y Rev. 2 de 10/03				
Responsable:	Personal:			

Calificación del trabajo: Programado

Horas de funcionamiento:

Intervención	Fecha	Hora
Llegada a planta		
Parada motor		
Puesta en marcha		
Fin		

▽ Cambio	▼ Revisión
○ Limpieza	● Control
□ Ajuste	■ Engrase

Rev.	Instr.	Operación	Trabajo	SI	NO
		Culatas			
103	2410	Lubricar las válvulas de aire de arranque	■		
106	2401	Control del sistema de balancines para válvulas de admisión y de escape	●		
109	7220	Lubricar las válvulas de control de gas	■		
		Control de las fugas de combustión en las culatas			
		Roces y deformaciones	●		
		Aceite lubricante			
604		Limpieza del filtro centrífugo de aceite	○		
608		Medir la presión del cárter	●		
		Control y corrección de las fugas de aceite			
		Turbos			
704		Limpiar las mantas de los silenciosos	○		
707		Control del funcionamiento de los actuadores de flaps	●		
708		Control del funcionamiento de los actuadores de turbo	●		
		Control y corrección de las fugas de aire de admisión			
		Circuitos de agua de refrigeración			
		Control y corrección de las fugas de agua			
		Sistemas de alarma y de control			
903		Cambiar los filtros del OIL MIST	▽		
		Varios			
1006		Revisión del calorifugado de admisión	▼		
1008		Realizar la rampa de gas al arrancar	□		
		Recalentador ELWA			
		Verificar el funcionamiento de las resistencias			
		Verificar el funcionamiento de la bomba de agua			

		Verificar la calibración del termostato de agua			
		Verificar la estanqueidad de la caja de resistencias y de la bomba de agua			
		Otros			
		Recoger las herramientas y los útiles			
		Limpiar y ordenar el área de trabajo	○		
		El motor queda en funcionamiento dentro de sus parámetros normales			

5.5. Revisión 5.000 horas

Esta revisión sustituye a la revisión de 6.000 horas. Conlleva el paro del motor durante 7-8 horas aproximadamente, el trabajo que se realiza en esta revisión lo puede desempeñar un técnico.

Rolls-Royce Marine España S.A. Informe Técnico	Planta		Número orden
	Nº equipo		
	Modelo		

Descripción del trabajo: Revisión 5.000 horas

Rutina de Mto: L528/61 Instrucción 1502 de 06/99 y Rev. 2 de 10/03

Responsable:	Personal:			

Calificación del trabajo: Programado

Horas de funcionamiento:

Intervención	Fecha	Hora
Llegada a planta		
Parada motor		
Puesta en marcha		
Fin		

▽ Cambio ▼ Revisión
 ○ Limpieza ● Control
 □ Ajuste ■ Engrase

Rev.	Instr.	Operación	Trabajo	SI	NO
		Culatas			
103	2410	Lubricar las válvulas de aire de arranque	■		
106	2401	Control del sistema de balancines para válvulas de admisión y de escape	●		
109	7220	Lubricar las válvulas de control de gas	■		
110	7225	Revisar el apriete de los tornillos de las válvulas de alimentación de gas	□		
115		Limpiar las boquillas de las bobinas	○		
		Control de las fugas de combustión en las culatas			
		Roces y deformaciones	●		
		Soplar las culatas			
		Cigüeñal			
405		Revisar el Vulkan	▼		
		Árbol de levas			
503	4102	Revisar la tensión de la cadena del árbol de levas	●		
504	5103	Comprobar la holgura del distribuidor de aire de arranque	●		
		Aceite lubricante			
601	8204	Medir holguras de la bomba principal de aceite (a partir de las 40.000 horas si no se ha cambiado)	●		
604		Limpieza del filtro centrífugo de aceite	○		
605		Toma de muestra para el análisis de aceite	●		
608		Medir la presión del cárter	●		
		Control y corrección de las fugas de aceite			

		Turbos			
704		Limpiar las mantas de los silenciosos	○		
704		Cambiar los filtros interiores de los silenciosos	▽		
707		Control del funcionamiento de los actuadores de flaps	●		
708		Control del funcionamiento de los actuadores de turbo	●		
709		Revisar el interior de los colectores de admisión	▼		
		Control y corrección de las fugas de aire de admisión			
		Circuitos de agua de refrigeración			
806		Toma de muestra para el análisis de agua de refrigeración de alta temperatura	●		
807	8503	Medir holguras de la bomba de agua de HT (a partir de las 40.000 horas si no se ha cambiado)	●		
		Control y corrección de las fugas de agua			
		Sistemas de alarma y de control			
903		Cambiar los filtros del OIL MIST	▽		
906		Limpiar y galgar los captadores magnéticos	○		
907		Limpiar el cuadro de control	○		
		Varios			
1006		Revisión del calorifugado de admisión	▼		
1007		Análisis de vibraciones	●		
1008		Realizar la rampa de gas al arrancar	□		
1009		Análisis termográfico	●		
		Control de encendido mediante lámpara estroboscópica	●		
		Control y corrección de las fugas del aire de control			
		Recalentador ELWA			
		Verificar el funcionamiento de las resistencias			
		Verificar el funcionamiento de la bomba de agua			
		Verificar la calibración del termostato de agua			
		Verificar la estanqueidad de la caja de resistencias y de la bomba de agua			
		Otros			
		Recoger las herramientas y los útiles			
		Limpiar y ordenar el área de trabajo	○		
		El motor queda en funcionamiento dentro de sus parámetros normales			

5.6. Revisión 10.000 horas

Esta revisión sustituye a la revisión de 12.500 horas. Conlleva el paro del motor durante 5 días aproximadamente, el trabajo que se realiza en esta revisión lo deben desempeñar tres técnicos como mínimo para cumplir los tiempos de trabajo.

Rolls-Royce Marine España S.A. Informe Técnico	Planta		Número orden
	Nº equipo		
	Modelo		

Descripción del trabajo: Revisión 10.000 horas

Rutina de Mto: L528/61 Instrucción 1502 de 06/99 y Rev. 2 de 10/03

Responsable:	Personal:			

Calificación del trabajo: Programado

Horas de funcionamiento:

Intervención	Fecha	Hora
Llegada a planta		
Parada motor		
Puesta en marcha		
Fin		

- | | |
|------------|------------|
| ▽ Cambio | ▼ Revisión |
| ○ Limpieza | ● Control |
| □ Ajuste | ■ Engrase |

Rev.	Instr.	Operación	Trabajo	SI	NO
		Culatas			
101	2405	Rotocaps de válvulas de escape (motor a 600 rpm)	●		
102	2408	Revisar las válvulas indicadoras	▼		
103	2410	Revisar las válvulas de aire de arranque	▼		
105	1702	Reapriete de pernos 100 horas después de cambiar las culatas	□		
106	2401	Control del sistema de balancines para válvulas de admisión y de escape	●		
107	4301	Revisar la alineación y el desgaste de los empujadores y cambiar las juntas	▼		
108	7230	Revisar las toberas de precámara	▼		
109	7220	Lubricar las válvulas de control de gas	■		
110	7225	Cambiar las válvulas de alimentación de gas	▽		
114		Prueba de estanqueidad de las culatas	●		
115		Limpiar las boquillas de las bobinas	○		
117		Cambiar las culatas	▽		
		Control de las fugas de combustión en las culatas			
		Roces y deformaciones	●		
		Soplar las culatas			
		Camisas			
203	2301	Cambiar los anillos de las camisas	▽		
		Cigüeñal			
404	3102	Deflexión de cigüeñal	●		
405		Revisar el Vulkan	▼		

		Árbol de levas			
503	4102	Revisar la tensión de la cadena del árbol de levas	●		
504	5103	Comprobar la holgura del distribuidor de aire de arranque	●		
		Aceite lubricante			
601	8204	Medir holguras de la bomba principal de aceite (a partir de las 40.000 horas si no se ha cambiado)	●		
602	8206	Cambiar los filtros de aceite 1.000 horas después de la revisión (cambiar 1.000 horas después de terminar la revisión).	▽		
604		Limpieza del filtro centrífugo de aceite	○		
605		Toma de muestra para el análisis de aceite	●		
608		Medir la presión del cárter	●		
		Control y corrección de las fugas de aceite			
		Turbos			
701		Desmontar el turbo para mandarlos a ABB	▼		
702		Revisión de los cojinetes por parte de ABB	▼		
704		Limpiar las mantas de los silenciosos	○		
704		Cambiar los filtros interiores de los silenciosos	▽		
706		Revisión de la geometría variable por parte de ABB	▼		
707		Control del funcionamiento de los actuadores de flaps	●		
708		Control del funcionamiento de los actuadores de turbo	●		
709		Revisar el interior de los colectores de admisión	▼		
		Control y corrección de las fugas de aire de admisión			
		Circuitos de agua de refrigeración			
803		Limpiar el enfriador de aire de sobrealimentación	○		
806		Toma de muestra para el análisis de agua de refrigeración de alta temperatura	●		
807	8503	Medir holguras de la bomba de agua de alta temperatura (a partir de las 40.000 horas si no se ha cambiado)	●		
808		Cambiar el sello de la bomba de agua de refrigeración de alta temperatura	▽		
		Control y corrección de las fugas de agua			
		Sistemas de alarma y de control			
902	5506	Revisar la protección de sobrevelocidad	▼		
903		Revisar el OIL MIST	▼		
906		Limpiar y galgar los captadores magnéticos	○		
907		Limpiar el cuadro de control y reapretar bornes	□		
		Varios			
1001		Revisión del módulo de alimentación de gas por empresa externa	▼		
1006		Revisión del calorifugado de admisión	▼		
1007		Análisis de vibraciones	●		
1008		Realizar la rampa de gas al arrancar	□		
1009		Análisis termográfico	●		
		Control y corrección de las fugas del aire de control			
		Control de encendido mediante lámpara estroboscópica	●		
		Recalentador ELWA			
		Verificar el funcionamiento de las resistencias			
		Verificar el funcionamiento de la bomba de agua			
		Verificar la calibración del termostato de agua			
		Verificar la estanqueidad de la caja de resistencias y de			

		la bomba de agua			
		Otros			
		Recoger las herramientas y los útiles			
		Limpiar y ordenar el área de trabajo	○		
		El motor queda en funcionamiento dentro de sus parámetros normales			

5.7. Revisión 20.000 horas

Esta revisión sustituye a la revisión de 25.000 horas. Conlleva el paro del motor durante 9 días aproximadamente, el trabajo que se realiza en esta revisión lo deben desempeñar tres técnicos como mínimo para cumplir los tiempos de trabajo.

Rolls-Royce Marine España S.A. Informe Técnico	Planta		Número orden
	Nº equipo		
	Modelo		

Descripción del trabajo: Revisión 20.000 horas

Rutina de Mto: L528/61 Instrucción 1502 de 06/99 y Rev. 2 de 10/03

Responsable:	Personal:			

Calificación del trabajo: Programado

Horas de funcionamiento:

Intervención	Fecha	Hora
Llegada a planta		
Parada motor		
Puesta en marcha		
Fin		

▽ Cambio	▼ Revisión
○ Limpieza	● Control
□ Ajuste	■ Engrase

Rev.	Instr.	Operación	Trabajo	SI	NO
		Culatas			
101	2405	Rotocaps de válvulas de escape (motor a 600 rpm)	●		
102	2408	Revisar las válvulas indicadoras	▼		
103	2410	Revisar las válvulas de aire de arranque	▼		
105	1702	Reapriete de pernos 100 horas después de cambiar las culatas	□		
106	2401	Control del sistema de balancines para válvulas de admisión y de escape	●		
107	4301	Revisar la alineación y el desgaste de los empujadores y cambiar las juntas	▼		
108	7230	Revisar las toberas de precámara	▼		
109	7220	Lubricar las válvulas de control de gas	■		
110	7225	Cambiar las válvulas de alimentación de gas	▽		
114		Prueba de estanqueidad de las culatas	●		
115		Limpiar las boquillas de las bobinas	○		
116		Revisar el apriete de los pernos de las culatas	●		
117		Cambiar las culatas	▽		
		Control de las fugas de combustión en las culatas			
		Roces y deformaciones	●		
		Soplar las culatas			
		Camisas			
201		Cambiar las camisas	▽		
203	2301	Cambiar los anillos de las camisas	▽		
		Limpieza del bloque y control de los asientos de la	○		

		camisa bloque			
		Pistones y bielas			
301	3201	Revisar los pistones	▼		
302	3201	Cambiar los aros de los pistones	▽		
305	3202	Revisar los cojinetes de cabeza de las bielas	▼		
306		Revisar las faldas de los pistones	▼		
307		Verificar la longitud de los pernos de cierre de las bielas	●		
		Cigüeñal			
404	3102	Deflexión de cigüeñal	●		
405		Revisar el Vulkan	▼		
		Revisar las muñequillas del cigüeñal	▼		
		Árbol de levas			
501	4101	Revisar las levas de admisión y de escape	▼		
503	4102	Revisar la tensión de la cadena del árbol de levas	●		
504	5103	Comprobar la holgura del distribuidor de aire de arranque	●		
		Aceite lubricante			
601	8204	Medir holguras de la bomba principal de aceite (a partir de las 40.000 horas si no se ha cambiado)	●		
602	8206	Cambiar los filtros de aceite 1.000 horas después de la revisión (cambiar 1.000 horas después de terminar la revisión).	▽		
604		Limpieza del filtro centrífugo de aceite	○		
605		Toma de muestras para el análisis de aceite	●		
608		Medir la presión del cárter	●		
		Control y corrección de las fugas de aceite			
		Turbo			
701		Desmontar el turbo para mandarlos a ABB	▼		
702		Revisión de los cojinetes por parte de ABB	▼		
704		Limpiar las mantas de los silenciosos	○		
704		Cambiar los filtros interiores de los silenciosos	▽		
706		Revisión de la geometría variable por parte de ABB	▼		
707		Control del funcionamiento de los actuadores de flaps	●		
708		Control del funcionamiento de los actuadores de turbo	●		
709		Revisar el interior de los colectores de admisión	▼		
		Control y corrección de las fugas de aire de admisión			
		Circuitos de agua de refrigeración			
803		Limpiar el enfriador de aire de sobrealimentación	○		
806		Toma de muestra para el análisis de agua de refrigeración de alta temperatura	●		
807	8503	Medir holguras de la bomba de agua de alta temperatura (a partir de las 40.000 horas si no se ha cambiado)	●		
808		Cambiar el sello de la bomba de agua de refrigeración de alta temperatura	▽		
		Control y corrección de las fugas de agua			
		Sistemas de alarma y de control			
902	5506	Revisar la protección de sobrevelocidad	▼		
903		Revisar el OIL MIST	▼		
906		Limpiar y galgar los captadores magnéticos	○		
907		Limpiar el cuadro de control y reapretar bornes	□		

		Varios			
1001		Revisión del módulo de alimentación de gas por empresa externa	▼		
1006		Revisión del calorifugado de admisión	▼		
1007		Análisis de vibraciones	●		
1008		Realizar la rampa de gas al arrancar	□		
1009		Análisis termográfico	●		
		Control y corrección de las fugas del aire de control			
		Control de encendido mediante lámpara estroboscópica	●		
		Recalentador ELWA			
		Verificar el funcionamiento de las resistencias			
		Verificar el funcionamiento de la bomba de agua			
		Verificar la calibración del termostato de agua			
		Verificar la estanqueidad de la caja de resistencias y de la bomba de agua			
		Otros			
		Recoger las herramientas y los útiles			
		Limpiar y ordenar el área de trabajo	○		
		El motor queda en funcionamiento dentro de sus parámetros normales			

5.8. Revisión 30.000 horas

Esta revisión sustituye a la revisión de 37.500 horas. Conlleva el paro del motor durante 11 días aproximadamente, el trabajo que se realiza en esta revisión lo deben desempeñar tres técnicos como mínimo para cumplir los tiempos de trabajo.

Rolls-Royce Marine España S.A. Informe Técnico	Planta		Número orden
	Nº equipo		
	Modelo		

Descripción del trabajo: Revisión 30.000 horas

Rutina de Mto: L528/61 Instrucción 1502 de 06/99 y Rev. 2 de 10/03

Responsable:	Personal:			

Calificación del trabajo: Programado

Horas de funcionamiento:

Intervención	Fecha	Hora
Llegada a planta		
Parada motor		
Puesta en marcha		
Fin		

▽ Cambio	▼ Revisión
○ Limpieza	● Control
□ Ajuste	■ Engrase

Rev.	Instr.	Operación	Trabajo	SI	NO
		Culatas			
101	2405	Rotocaps de válvulas de escape (motor a 600 rpm)	●		
102	2408	Revisar las válvulas indicadoras	▼		
103	2410	Revisar las válvulas de aire de arranque	▼		
105	1702	Reapriete de pernos 100 horas después de cambiar las culatas	□		
106	2401	Control del sistema de balancines para válvulas de admisión y de escape	●		
107	4301	Revisar la alineación y el desgaste de los empujadores y cambiar las juntas	▼		
108	7230	Revisar las toberas de precámara	▼		
109	7220	Lubricar las válvulas de control de gas	■		
110	7225	Cambiar las válvulas de alimentación de gas	▽		
114		Prueba de estanqueidad de las culatas	●		
115		Limpiar las boquillas de las bobinas	○		
117		Cambiar las culatas	▽		
		Control de las fugas de combustión en las culatas			
		Roces y deformaciones	●		
		Soplar las culatas			
		Camisas			
203	2301	Cambiar los anillos de las camisas	▽		
		Pistones y bielas			
301	3201	Revisar los pistones	▼		
302	3201	Revisar los aros de los pistones	▼		

303	3201	Revisar los bulones de las bielas	▼		
305	3202	Revisar los cojinetes de cabeza de las bielas	▼		
306		Cambiar las faldas de los pistones	▽		
307		Cambiar los pernos superiores de cierre de las bielas y verificar la longitud de los inferiores	▽		
308		Revisar el cojinete del pie de biela	▼		
		Cigüeñal			
404	3102	Deflexión de cigüeñal	●		
405		Revisar el Vulkan	▼		
		Revisar las muñequillas del cigüeñal	▼		
		Árbol de levas			
503	4102	Revisar la tensión de la cadena del árbol de levas	●		
504	5103	Comprobar la holgura del distribuidor de aire de arranque	●		
		Aceite lubricante			
601	8204	Medir holguras de la bomba principal de aceite (a partir de las 40.000 horas si no se ha cambiado)	●		
602	8206	Cambiar los filtros de aceite 1.000 horas después de la revisión (cambiar 1.000 horas después de terminar la revisión).	▽		
604		Limpieza del filtro centrífugo de aceite	○		
605		Toma de muestras para el análisis de aceite	●		
608		Medir la presión del cárter	●		
		Control y corrección de las fugas de aceite			
		Turbo			
701		Desmontar el turbo para mandarlos a ABB	▼		
702		Cambio de los cojinetes por parte de ABB	▽		
704		Limpiar las mantas de los silenciosos	○		
704		Cambiar los filtros interiores de los silenciosos	▽		
706		Cambio de la geometría variable por parte de ABB	▽		
707		Control del funcionamiento de los actuadores de flaps	●		
708		Control del funcionamiento de los actuadores de turbo	●		
709		Revisar el interior de los colectores de admisión	▼		
		Control y corrección de las fugas de aire de admisión			
		Circuitos de agua de refrigeración			
803		Limpiar el enfriador de aire de sobrealimentación	○		
806		Toma de muestra para el análisis de agua de refrigeración de alta temperatura	●		
807	8503	Medir holguras de la bomba de agua de alta temperatura (a partir de las 40.000 horas si no se ha cambiado)	●		
808		Cambiar el sello de la bomba de agua de refrigeración de alta temperatura	▽		
		Control y corrección de las fugas de agua			
		Sistemas de alarma y de control			
902	5506	Revisar la protección de sobrevelocidad	▼		
903		Revisar el OIL MIST	▼		
906		Limpiar y galgar los captadores magnéticos	○		
907		Limpiar el cuadro de control y reapretar bornes	□		
		Varios			
1001		Revisión del módulo de alimentación de gas por empresa externa	▼		

1003		Revisar los calorifugados de los tubos de escape	▼		
1006		Revisión del calorifugado de admisión	▼		
1007		Análisis de vibraciones	●		
1008		Realizar la rampa de gas al arrancar	□		
1009		Análisis termográfico	●		
		Control y corrección de las fugas del aire de control			
		Control de encendido mediante lámpara estroboscópica	●		
		Recalentador ELWA			
		Verificar el funcionamiento de las resistencias			
		Verificar el funcionamiento de la bomba de agua			
		Verificar la calibración del termostato de agua			
		Verificar la estanqueidad de la caja de resistencias y de la bomba de agua			
		Otros			
		Recoger las herramientas y los útiles			
		Limpiar y ordenar el área de trabajo	○		
		El motor queda en funcionamiento dentro de sus parámetros normales			

5.9. Revisión 40.000 horas

Esta revisión sustituye a la revisión de 50.000 horas. Conlleva el paro del motor durante 15 días aproximadamente, el trabajo que se realiza en esta revisión lo deben desempeñar tres técnicos como mínimo para cumplir los tiempos de trabajo.

Rolls-Royce Marine España S.A. Informe Técnico	Planta		Número orden
	Nº equipo		
	Modelo		

Descripción del trabajo: Revisión 40.000 horas

Rutina de Mto: L528/61 Instrucción 1502 de 06/99 y Rev. 2 de 10/03

Responsable:	Personal:			

Calificación del trabajo: Programado

Horas de funcionamiento:

Intervención	Fecha	Hora
Llegada a planta		
Parada motor		
Puesta en marcha		
Fin		

- | | |
|------------|------------|
| ▽ Cambio | ▼ Revisión |
| ○ Limpieza | ● Control |
| □ Ajuste | ■ Engrase |

Rev.	Instr.	Operación	Trabajo	SI	NO
		Culatas			
101	2405	Rotocaps de válvulas de escape (motor a 600 rpm)	●		
102	2408	Revisar las válvulas indicadoras	▼		
103	2410	Revisar las válvulas de aire de arranque	▼		
105	1702	Reapriete de pernos 100 horas después de cambiar las culatas	□		
106	2401	Control del sistema de balancines para válvulas de admisión y de escape	●		
107	4301	Revisar la alineación y el desgaste de los empujadores y cambiar las juntas	▼		
108	7230	Revisar las toberas de precámara	▼		
109	7220	Lubricar las válvulas de control de gas	■		
110	7225	Cambiar las válvulas de alimentación de gas	▽		
114		Prueba de estanqueidad de las culatas	●		
115		Limpiar las boquillas de las bobinas	○		
116		Revisar el apriete de los pernos de las culatas	●		
117		Cambiar las culatas	▽		
		Control de las fugas de combustión en las culatas			
		Roces y deformaciones	●		
		Soplar las culatas			
		Camisas			
201		Cambiar las camisas	▽		
203	2301	Cambiar los anillos de las camisas	▽		
		Limpieza del bloque y control de los asientos de la	○		

		camisa bloque			
		Pistones y bielas			
301	3201	Revisar y limpiar los pistones	○		
302	3201	Cambiar los aros de los pistones	▽		
303	3201	Revisar los bulones de las bielas	▼		
304	3201	Control de ovalidad de las bielas	●		
305	3202	Cambiar los cojinetes de cabeza de las bielas	▽		
306		Revisar las faldas de los pistones	▼		
307		Verificar la longitud de los pernos de cierre de las bielas	●		
		Cigüeñal			
401	2201	Cambiar los cojinetes principales y aros de empuje	▽		
404	3102	Deflexión de cigüeñal	●		
405		Revisar el Vulkan	▼		
		Limpiar los conductos interiores del cigüeñal	○		
		Revisar las muñequillas del cigüeñal	▼		
		Árbol de levas			
501	4101	Revisar las levas de admisión y de escape	▼		
502	4101	Cambiar los cojinetes y los aros de empuje del árbol de levas	▽		
503	4102	Cambiar la cadena del árbol de levas	▽		
504	5103	Comprobar la holgura del distribuidor de aire de arranque	●		
505	5202	Revisar el actuador Woodward	▼		
		Aceite lubricante			
601	8204	Medir holguras de la bomba principal de aceite	●		
602	8206	Cambiar los filtros de aceite 1.000 horas después de la revisión (cambiar 1.000 horas después de terminar la revisión).	▽		
604		Limpieza del filtro centrífugo de aceite	○		
605		Toma de muestras para el análisis de aceite	●		
608		Medir la presión del cárter	●		
		Control y corrección de las fugas de aceite			
		Turbo			
701		Desmontar el turbo para mandarlos a ABB	▼		
702		Revisión de los cojinetes por parte de ABB	▼		
704		Limpiar las mantas de los silenciosos	○		
704		Cambiar los filtros interiores de los silenciosos	▽		
706		Revisión de la geometría variable por parte de ABB	▼		
707		Control del funcionamiento de los actuadores de flaps	●		
708		Control del funcionamiento de los actuadores de turbo	●		
709		Revisar el interior de los colectores de admisión	▼		
		Control y corrección de las fugas de aire de admisión			
		Circuitos de agua de refrigeración			
803		Limpiar el enfriador de aire de sobrealimentación	○		
806		Toma de muestra para el análisis de agua de refrigeración de alta temperatura	●		
807	8503	Medir holguras de la bomba de agua de alta temperatura	●		
808		Cambiar el sello de la bomba de agua de refrigeración de alta temperatura	▽		
		Control y corrección de las fugas de agua			

		Sistemas de alarma y de control			
902	5506	Revisar la protección de sobrevelocidad	▼		
903		Revisar el OIL MIST	▼		
906		Limpiar y galgar los captadores magnéticos	○		
907		Limpiar el cuadro de control y reapretar bornes	□		
		Varios			
1001		Revisión del módulo de alimentación de gas por empresa externa	▼		
1006		Revisión del calorifugado de admisión	▼		
1007		Análisis de vibraciones	●		
1008		Realizar la rampa de gas al arrancar	□		
1009		Análisis termográfico	●		
		Control y corrección de las fugas del aire de control			
		Control de encendido mediante lámpara estroboscópica	●		
		Recalentador ELWA			
		Verificar el funcionamiento de las resistencias			
		Verificar el funcionamiento de la bomba de agua			
		Verificar la calibración del termostato de agua			
		Verificar la estanqueidad de la caja de resistencias y de la bomba de agua			
		Otros			
		Recoger las herramientas y los útiles			
		Limpiar y ordenar el área de trabajo	○		
		El motor queda en funcionamiento dentro de sus parámetros normales			

5.10. Revisión 60.000 horas

Esta revisión sustituye a la revisión de 75.000 horas. Conlleva el paro del motor durante 11 días aproximadamente, el trabajo que se realiza en esta revisión lo deben desempeñar tres técnicos como mínimo para cumplir los tiempos de trabajo.

Rolls-Royce Marine España S.A. Informe Técnico	Planta		Número orden
	Nº equipo		
	Modelo		

Descripción del trabajo: Revisión 60.000 horas

Rutina de Mto: L528/61 Instrucción 1502 de 06/99 y Rev. 2 de 10/03

Responsable:	Personal:			

Calificación del trabajo: Programado

Horas de funcionamiento:

Intervención	Fecha	Hora
Llegada a planta		
Parada motor		
Puesta en marcha		
Fin		

- | | |
|------------|------------|
| ▽ Cambio | ▼ Revisión |
| ○ Limpieza | ● Control |
| □ Ajuste | ■ Engrase |

Rev.	Instr.	Operación	Trabajo	SI	NO
		Culatas			
101	2405	Rotocaps de válvulas de escape (motor a 600 rpm)	●		
102	2408	Revisar las válvulas indicadoras	▼		
103	2410	Revisar las válvulas de aire de arranque	▼		
105	1702	Reapriete de pernos 100 horas después de cambiar las culatas	□		
106	2401	Control del sistema de balancines para válvulas de admisión y de escape	●		
107	4301	Revisar la alineación y el desgaste de los empujadores y cambiar las juntas	▼		
108	7230	Revisar las toberas de precámara	▼		
109	7220	Lubricar las válvulas de control de gas	■		
110	7225	Cambiar las válvulas de alimentación de gas	▽		
114		Prueba de estanqueidad de las culatas	●		
115		Limpiar las boquillas de las bobinas	○		
116		Revisar el apriete de los pernos de las culatas	●		
117		Cambiar las culatas	▽		
		Control de las fugas de combustión en las culatas			
		Roces y deformaciones	●		
		Soplar las culatas			
		Camisas			
201		Cambiar las camisas	▽		
203	2301	Cambiar los anillos de las camisas	▽		
		Limpieza del bloque y control de los asientos de la	○		

		camisa bloque			
		Pistones y bielas			
301	3201	Revisar los pistones	▼		
302	3201	Cambiar los aros de los pistones	▽		
303	3201	Revisar los bulones de las bielas	▼		
305	3202	Revisar los cojinetes de cabeza de las bielas	▼		
306		Cambiar las faldas de los pistones	▽		
307		Cambiar los pernos superiores de cierre de las bielas y verificar la longitud de los inferiores	▽		
308		Revisar el cojinete del pie de biela	▼		
		Cigüeñal			
404	3102	Deflexión de cigüeñal	●		
405		Revisar el Vulkan	▼		
		Revisar las muñequillas del cigüeñal	▼		
		Árbol de levas			
501	4101	Revisar las levas de admisión y de escape	▼		
503	4102	Revisar la tensión de la cadena del árbol de levas	●		
504	5103	Comprobar la holgura del distribuidor de aire de arranque	●		
		Aceite lubricante			
601	8204	Medir holguras de la bomba principal de aceite (a partir de las 40.000 horas si no se ha cambiado)	●		
602	8206	Cambiar los filtros de aceite 1.000 horas después de la revisión (cambiar 1.000 horas después de terminar la revisión).	▽		
604		Limpieza del filtro centrífugo de aceite	○		
605		Toma de muestras para el análisis de aceite	●		
608		Medir la presión del cárter	●		
		Control y corrección de las fugas de aceite			
		Turbos			
701		Desmontar el turbo para mandarlos a ABB	▼		
702		Cambio de los cojinetes por parte de ABB	▽		
704		Limpiar las mantas de los silenciosos	○		
704		Cambiar los filtros interiores de los silenciosos	▽		
706		Cambio de la geometría variable por parte de ABB	▽		
707		Control del funcionamiento de los actuadores de flaps	●		
708		Control del funcionamiento de los actuadores de turbo	●		
709		Revisar el interior de los colectores de admisión	▼		
		Control y corrección de las fugas de aire de admisión			
		Circuitos de agua de refrigeración			
803		Limpiar el enfriador de aire de sobrealimentación	○		
806		Toma de muestra para el análisis de agua de refrigeración de alta temperatura	●		
807	8503	Medir holguras de la bomba de agua de alta temperatura (a partir de las 40.000 horas si no se ha cambiado)	●		
808		Cambiar el sello de la bomba de agua de refrigeración de alta temperatura	▽		
		Control y corrección de las fugas de agua			
		Sistemas de alarma y de control			
902	5506	Revisar la protección de sobrevelocidad	▼		
903		Revisar el OIL MIST	▼		

906		Limpiar y galgar los captadores magnéticos	○		
907		Limpiar el cuadro de control y reapretar bornes	□		
		Varios			
1001		Revisión del módulo de alimentación de gas por empresa externa	▼		
1003		Revisar los calorifugados de tubos los de escape	▼		
1006		Revisión del calorifugado de admisión	▼		
1007		Análisis de vibraciones	●		
1008		Realizar la rampa de gas al arrancar	□		
1009		Análisis termográfico	●		
		Control y corrección de las fugas del aire de control			
		Control de encendido mediante lámpara estroboscópica	●		
		Recalentador ELWA			
		Verificar el funcionamiento de las resistencias			
		Verificar el funcionamiento de la bomba de agua			
		Verificar la calibración del termostato de agua			
		Verificar la estanqueidad de la caja de resistencias y de la bomba de agua			
		Otros			
		Recoger las herramientas y los útiles			
		Limpiar y ordenar el área de trabajo	○		
		El motor queda en funcionamiento dentro de sus parámetros normales			

5.11. Mantenimiento predictivo

5.11.1. Inspecciones visuales

Las inspecciones visuales consisten en la observación del equipo, para identificar posibles problemas detectables a simple vista. Los problemas más habituales suelen ser ruidos anormales, vibraciones extrañas y fugas de aire, agua o aceite, comprobación del estado de pintura y observación de signos de corrosión.

La lectura de indicadores consiste en la anotación de los diferentes parámetros de los motores, para compararlos con su rango normal. Fuera de ese rango normal, el equipo tiene un fallo.

Estas inspecciones y lecturas se realizan semanalmente. Es muy importante mantener el motor y las sala de motor lo más limpio posible para detectar las fugas rápidamente.

Dentro de este grupo de inspecciones visuales, se debe mencionar la posibilidad de realizar revisiones boroscópicas de las cámaras de combustión de los cilindros para detectar posibles problemas en los asientos de las válvulas de admisión y de escape. Estas revisiones deben realizarse cuando se tenga la certeza de posibles problemas mecánicos en dichas válvulas (por ejemplo, cuando haya una subida progresiva de la temperatura de los gases de escape).

5.11.2. Análisis de aceite de lubricación

El análisis de aceites de lubricación suministra información que se utiliza para diagnosticar el desgaste interno del equipo y el estado del lubricante. Por ello, es muy importante que el aceite recogido para su análisis esté lo más limpio posible (que la recogida se haga de una manera limpia).

El análisis de aceite lo realiza el suministrador de aceite de forma gratuita cada 1.000 horas de funcionamiento del motor. Creo que sería necesario que una o dos veces año una empresa externa al distribuidor de aceite realice el análisis de aceite.

La contaminación del aceite se puede determinar cuantificando en una muestra del lubricante el contenido de partículas metálicas, agua, materias carbonosas y partículas insolubles.

La degradación se puede evaluar midiendo la viscosidad, la detergencia, la acidez y la constante dieléctrica.

5.11.3. Análisis de agua de refrigeración de alta temperatura

En la actualidad este análisis no se realiza, aunque es de suma importancia. El bloque-motor debe refrigerarse con agua tratada para evitar daños irreparables (corrosión, desgastes...).

El análisis del agua de refrigeración de alta temperatura debe realizarse cada 1.000 horas de funcionamiento del motor y cada vez que se vacíe el motor a causa de una reparación.

5.11.4. Análisis de vibraciones

El análisis de las vibraciones sustituye al análisis de la silicona del dámper o amortiguador de vibraciones.

A través de la medición de la amplitud de las vibraciones, da un valor global del desplazamiento o velocidad de la vibración, si este desplazamiento sobrepasa un valor preestablecido, será muy probable que el dámper empiece a fallar.

Esta revisión se realizará cada 5.000 horas de funcionamiento del motor.

5.11.5. Análisis de los fallos correctivos

Gracias al análisis de los fallos que se producen en los motores, se pueden preparar trabajos preventivos para evitar los mismos fallos en el futuro.

Estos son los trabajos preventivos que considero necesarios después de tres años de anotar y estudiar los fallos producidos por los motores:

- a) Engrase de las válvulas de aire de arranque cada 2.500 horas.
- b) Engrase del distribuidor de aire de arranque cada semana.
- c) Cambio de los filtros interiores de los silenciosos cada 5.000 horas.
- d) Engrase de las válvulas de control de gas cada 2.500 horas.

5.11.6. Análisis termográfico

Gracias a este análisis se pueden detectar puntos calientes en el motor, los cuales pueden provocar daños a medio-largo plazo.

Los elementos a los que se le debe realizar este análisis son las culatas, la bomba de aceite principal, la bomba de agua de refrigeración de alta temperatura, los cuadros eléctricos, los enfriadores de placas de aceite de agua, los filtros de aceite, las válvulas termoestáticas de agua y de aceite, los alternadores y los tubos de gases de escape.

Esta revisión debe realizarse una vez al año. No se ha incluido en la tabla de revisiones porque no es necesario el paro del motor.

5.11.7. Toma de holguras

A través de la toma de holguras de la bomba de aceite de lubricación y de la bomba de agua de refrigeración de alta temperatura se pueden retrasar el cambio de las mismas.

Mediante la toma de holguras de las cadenas del árbol de levas, podemos saber:

- ✓ Si está muy tensada puede afectar en la flexión del cigüeñal.
- ✓ Si está destensada puede afectar al ángulo de encendido de los cilindros, provocando detonaciones y desgastes de las válvulas de escape.

Holguras bomba de aceite:

- ✓ Axiales: entre 0,15 y 0,20 mm.
- ✓ Radial: entre 0,07 y 0,12 mm.

Holguras bomba de agua de refrigeración de alta temperatura:

- ✓ Axiales: entre 0,15 y 0,20 mm.

5.12. Cuadro de revisiones

A continuación, se detallan todos los trabajos preventivos que se realizan en dos tablas, cada una de ellas contiene 40.000 horas de funcionamiento.

Plan de trabajo n°. 1528161 (ES)		Rutina de mantenimiento, de 0 a 40.000 horas	
Instrucción n°. 1502		TIPO DE MOTOR: K-de gas con turbo TPS, aplicables para la alimentación de plantas alimentarias	
Nº	Instr.	<div> <div> <div>▼ Cambio</div> <div>▼ Revisión</div> <div>○ Limpieza</div> <div>● Control</div> <div>▲ Ajuste</div> <div>■ Lubricar</div> </div> </div>	<div> <div>500</div> <div>1.000</div> <div>2.000</div> <div>3.000</div> <div>4.000</div> <div>5.000</div> <div>6.000</div> <div>7.000</div> <div>8.000</div> <div>9.000</div> <div>10.000</div> <div>11.000</div> <div>12.000</div> <div>12.500</div> <div>13.000</div> <div>14.000</div> <div>15.000</div> <div>16.000</div> <div>17.000</div> <div>17.500</div> <div>18.000</div> <div>19.000</div> <div>20.000</div> <div>21.000</div> <div>22.000</div> <div>22.500</div> <div>23.000</div> <div>24.000</div> <div>25.000</div> <div>26.000</div> <div>27.000</div> <div>27.500</div> <div>28.000</div> <div>29.000</div> <div>30.000</div> <div>31.000</div> <div>32.000</div> <div>32.500</div> <div>33.000</div> <div>34.000</div> <div>35.000</div> <div>36.000</div> <div>37.000</div> <div>37.500</div> <div>38.000</div> <div>39.000</div> <div>40.000</div> </div>
1	CULATA		
101	2405 Rotocaps de válvulas de escape		
102	2408 Válvulas indicadoras		
103	2410 Válvula de arranque		
105	1702 Reapriete de pernos aprox. 100 h después de haber sacado la culata		
106	2401 Sistema de balancines para válvulas de admisión y escape		
107	4301 Válvulas de admisión y escape. Mecanismo de accionamiento/asientos		
108	7230 Tobera de precámara		
109	7220 Válvulas de control de gas		
110	7225 Válvulas de alimentación de gas		
114	Culata: prueba de estanqueidad y máxima presión de combustión		
115	Bobinas		
116	Pernos de culatas		
117	Culatas		
2	CAMISAS		
201	Camisas		
202	2301 Anillo de camisas		
203	2301 Pistones/BARRAS DE CONEXIÓN		
301	3201 Pistón		
302	3201 Árbol de levas		
303	3201 Árbol de pistón		
304	3201 Biela: control de calidad		
305	3202 Cigüeñal: control de calidad		
306	Faldas de los pistones		
307	Pernos de las bielas		
308	Cigüeñal: control de calidad		
4	CIGÜENAL		
401	2201 Cigüeñal: principales y aros de empuje		
404	3102 Deflexión del cigüeñal		
405	Acoplamiento flexible. Elementos elásticos y placas de amortiguación		
5	ARBOL DE LEVAS		
501	4101 Levas de admisión y escape		
502	4101 Rodamientos y cojinetes de empuje		
503	4102 Cadena de árbol de levas		
504	5103 Distribuidor de aire de arranque		
505	5202 Regulador		
6	ACEITE LUBRICANTE		
601	8201 Bomba principal de aceite		
602	8208 Aceite de aceite: válvulas de bypass y elementos filtrantes		
604	Análisis de aceite		
605	Análisis de aceite		
606	Análisis de aceite		
608	Presión de cárter		
7	TURBO		
701	Turbo: rotor		
702	Turbo: cojinetes		
704	Turbo: mantas de aire		
704	Turbo: filtros interiores de aire		
706	Turbo: Piezas VTG (geometría variable)		
707	Actuador de flaps		
708	Actuador de turbo		
709	Colector de admisión		
8	INTERCAMBIADORES DE CALOR		
801	Intercambiador de calor de aceite (limpiar cuando sea necesario)		
802	Circuito de agua (limpiar cuando sea necesario)		
803	Enfriador de aire de sobrealimentación		
804	Sistema externo de refrigeración de agua (revisar trimestralmente)		
805	Calidad de agua en circuitos de alta temperatura		
806	Bomba de alta temperatura		
807	Señal de la bomba de agua de alta temperatura		
808	SISTEMAS DE ALARMA CONTROL		
902	5506 Detector de nivel de agua y pared automática		
903	Captores de nivel de agua		
904	Captores magnéticos		
907	Guarido de control		
10	VARIOS		
1001	Módulo de alimentación de gas		
1003	Calorífugado de tubos de escape		
1006	Calorífugado de admisión		
1007	Análisis de vibraciones		
1008	Rampa de gas		
1009	Análisis termográfico		

5.13. Observaciones

Para que las revisiones se realicen de la forma más rápida y segura, hay que tener en consideración los siguientes puntos:

- ✓ El equipo de técnicos que acude a las revisiones debe llevar siempre un baúl con herramientas y útiles. Este baúl debe incluir todos los útiles que hay normalmente en cada planta, más todas las herramientas necesarias para realizar las tareas de la mejor forma posible.
- ✓ Los materiales y recambios del motor deben estar preparados para no provocar retrasos.
- ✓ Es de vital importancia utilizar aceite limpio para cualquier tipo de lubricación. Al cambiar elementos del motor por nuevos, existe un máximo ajuste entre las piezas (camisa y aros de pistón, válvulas de gas...), por lo que el aceite debe estar libre de partículas o cuerpos extraños. El aceite que hay en el cárter del propio motor, puede contener partículas que provoquen futuros gripajes en el motor.
- ✓ Después de cada revisión de 10.000 horas, deben calibrarse todas las herramientas hidráulicas y las dinamométricas que se han utilizado durante el trabajo.
- ✓ Existe un punto en el proyecto que no he comentado y he querido dejar para el final, se trata de la **profesionalidad**. Hay que hacer en todo momento el trabajo que toca, sin dejarse nada, de la mejor manera y evitando demoras. Un trabajo bien hecho evita posibles fallos en el motor, por lo que ayudará a alargar la vida del mismo.

Por lo tanto, para ser un buen profesional, se deben hacer los trabajos de una forma limpia, organizada y correcta.

6. CONCLUSIONES.

En este proyecto he analizado el plan de mantenimiento que se realiza actualmente a los motores de combustión interna de gas natural Rolls-Royce KVGS-18G4, para lo cual he realizado el estudio de todos los ítems que se incluyen en las revisiones.

He rediseñado el plan de mantenimiento a partir de la experiencia, los resultados obtenidos del mantenimiento realizado y el plan de explotación de la planta a fin de aumentar los beneficios de la empresa que explota los motores (BUNGE) y de la empresa que realiza el mantenimiento de los mismos (Rolls-Royce Marine España).

Las aportaciones más relevantes han sido:

1. Adecuar la vida útil de cada elemento de los motores para evitar gastos innecesarios, reduciendo el número de horas de realización de cada trabajo a las estrictamente necesarias. En el plan de mantenimiento con el que trabaja la empresa Rolls-Royce Marine España, los técnicos realizan una gran cantidad de horas en trabajos innecesarios.
2. Introducir la idea de que la limpieza general de los motores y el orden, tanto de los recambios como de los útiles, son inherentes al buen funcionamiento de los motores y facilitan las acciones de mantenimiento. Éstos deben mantenerse limpios, evitando en todo momento acumulaciones de suciedad, que puede llegar a provocar aumentos de temperatura en el bloque motor, provocando problemas en la refrigeración e incluso detonaciones en los cilindros. Asimismo, si se respeta este ítem, la localización de fugas en los motores (agua, aceite, gas natural, gases de escape y aire de admisión) será más ágil y la reparación más cómoda, sencilla y rápida.
3. Priorizar, en la reparación de los fallos no deseados en los motores (correctivos), el trabajo bien hecho en contraposición a las reparaciones rápidas e incompletas. Un correctivo mal hecho siempre provoca un fallo posterior mayor al original.
4. Incluir nuevas revisiones predictivas como son: toma de holguras de las bombas de aceite de lubricación y de aguade refrigeración de alta temperatura, medida y análisis de vibraciones de los motores para sustituir al análisis de la silicona del dámper, los análisis termográficos y el análisis de los fallos correctivos a través de históricos de alarmas.

Estos puntos lograrán un aumento de las disponibilidades. Gracias a esto, se consigue un incremento de los beneficios, ya que se produce una disminución considerable de las horas que no operativas de los motores por fallos.

Las disponibilidades de estos motores suelen rondar el 88-92% anual. Simplemente con un aumento de la limpieza, con el control de fugas (agua, aceite...), un buen trabajo sobre los correctivos y un aumento en la lubricación y engrase de varios elementos (válvulas de aire de arranque, válvulas de control de gas, distribuidor de aire de arranque...), las disponibilidades suben hasta el 94-96%.

La implementación completa de este nuevo plan de mantenimiento podrá asegurar una disponibilidad del orden 98%, con lo que se logra un aumento del orden del 10% además del aumento en la continuidad del servicio.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- Dempsey, P., (2000), *Motores Diesel, localización y reparación de averías*, Acibia S.A. (Zaragoza).
- Gullies, T., (1999), *Diagnóstico y reparación de motores*, Paraninfo (Madrid).
- Manuales técnicos de Iberese (Bunge, Cogeneración Ibérica).
- Manuales técnicos de Rolls-Royce Marine España.
- www.renovetec.com. Diciembre de 2010.
- Seminario de turbocompresores ABB. Madrid. Abril de 2010.
- Experiencia profesional en la empresa Carsa, Motor Servicio. Años 2001 y 2002.
- Experiencia profesional en la empresa Rolls-Royce Marine España. Años 2007, 2008 y 2009.
- Entrevistas con Don Josep Barberà. Junio de 2007 y Febrero de 2010.

